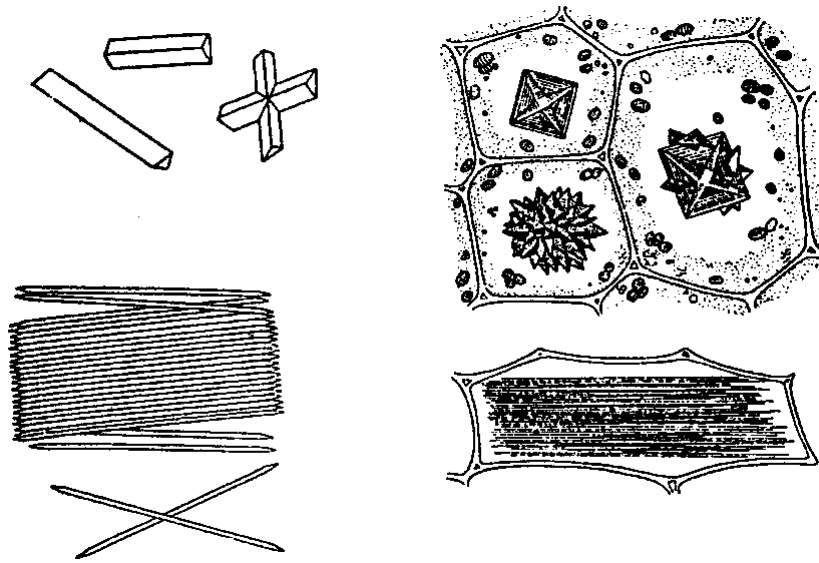


**Український державний університет
імені Михайла Драгоманова**

Природничий факультет

Кафедра біології

ФІЗИОЛОГІЯ РОСЛИН
лабораторний практикум



КИЇВ-2023

**Український державний університет
імені Михайла Драгоманова**

Природничий факультет

Кафедра біології

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

лабораторний практикум

КИЇВ-2023

Рекомендовано до друку УДУ імені Михайла Драгоманова
(протокол №8 від 27 червня 2023 року)

Рецензенти:

завідувач кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики
Національного університету біоресурсів та природокористування України,
доктор біологічних наук, професор Прилуцька С.В.

доцент кафедри біології УДУ імені Михайла Драгоманова, кандидат
біологічних наук Н.М. Журавель

Кустовська А.В., Білявський С.М. Фізіологія рослин. Лабораторний
практикум для студентів біологічних спеціальностей ЗВО. – Київ.: Вид-во
УДУ імені Михайла Драгоманова, 2023. - 110 с.

ISBN 978-966-931-284-6

Для студентів біологічних спеціальностей ЗВО.

Пропонований навчальний посібник містить розробку базової програми
з фізіології рослин, а також методичні рекомендації щодо проведення
експериментальних дослідів лабораторних занять з фізіології рослин, які
стануть у нагоді студентам при засвоєнні як теоретичного матеріалу, так і для
формування практичних навичок експериментальних досліджень
фізіологічних процесів у рослинних організмах. У структурі посібника
враховані сучасні методичні підходи до навчально-виховного процесу у
закладах вищої освіти під час навчальних занять.

ISBN 978-966-931-284-6

© Кустовська А.В., Білявський С.М., 2023

© Видавництво УДУ імені Михайла Драгоманова, 2023

Зміст

Передмова.....	5
Розділ I. Загальні відомості про лабораторне обладнання, посуд та організацію лабораторного практикуму.....	6
1.1. Підготовка студентів до занять та вимоги до ведення записів лабораторних робіт.....	6
1.2. Основні положення техніки безпеки в лабораторії	7
1.3. Хімічний посуд та правила роботи з ним.....	10
1.4. Виготовлення розчинів.....	12
1.5. Технічні терези та вагові визначення.....	14
Розділ II. Навчальна програма з курсу «Фізіологія рослин».....	18
Розділ III. Методичні рекомендації до лабораторних занять з фізіології рослин.....	37
Лабораторне заняття № 1.Тема: Запасні поживні речовини рослинної клітини.....	41
Лабораторне заняття № 2. Виготовлення «штучної» клітини Траубе...47	
Лабораторне заняття № 3. Тема: Визначення осмотичного тиску клітинного соку плазмолітичним методом (за де-Фрізом).....	50
Лабораторне заняття № 4. Тема: Проникність протоплазми клітин при пошкодженні.....	53
Лабораторне заняття № 5. Тема: Поглинання води кореневою системою. Явище гутації.....	56
Лабораторне заняття № 6. Тема: Визначення інтенсивності транспірації на торсійних терезах (за Л.А. Івановим).....	60
Лабораторне заняття № 7. Тема: Визначення транспірації верхньої і нижньої сторін листка за допомогою хлоркобальтового паперу (за Шталем).....	63

Лабораторне заняття № 8. Тема: Методи виділення пластидних пігментів з листків. Розподіл пігментів адсорбційним хроматографічним методом.....	68
Лабораторне заняття № 9. Тема: Хімічні властивості хлорофілів	73
Лабораторне заняття № 10. Тема: Утворення первинного крохмалю у фотосинтезуючому листку.....	77
Лабораторне заняття № 11. Тема: Мікрохімічний аналіз золи.....	80
Лабораторне заняття № 12. Тема: Методи визначення нітратів у рослинах (якісний та кількісний).....	86
Лабораторне заняття № 13. Тема: Виявлення дегідрогеназ в різних тканинах рослин.....	94
Лабораторне заняття № 14. Тема: Визначення інтенсивності дихання рослин за кількістю виділеної вуглекислоти.....	96
Лабораторне заняття № 15. Тема: Спостереження за геотропічною та фото тропічною реакцією рослин.....	100
Лабораторне заняття № 16. Тема: Оцінка холодостійкості рослин на перших етапах росту й розвитку.....	106
Список рекомендованої літератури.....	108

Передмова

Однією з форм втілення завдань біологічної освіти в життя є лабораторні заняття з фізіології рослин під час яких студенти безпосередньо набувають навички дослідника-біолога, ознайомлюються з сучасними методами досліджень з фізіології рослин, які використовуються в лабораторних умовах, оволодівають елементарними навичками та методиками постановки різних фізіологічних експериментів у лабораторних умовах тощо.

Навчальні лабораторні заняття з фізіології рослин не тільки закріплюють набуті теоретичні знання, але й значно розширюють та поглиблюють їх. Крім того, на заняттях значна увага приділяється фізіологічним питанням екологічних адаптацій рослин до життя в певних умовах середовища.

У пропонованому виданні вміщено базова навчальна програма з фізіології рослин, а також методичні рекомендації щодо проведення лабораторних занять з фізіології рослин та деякі навчально-довідкові матеріали, які, на думку авторів, стануть у нагоді студентам.

Розділ I. Загальні відомості про лабораторне обладнання, посуд та організацію лабораторного практикуму.

1.1. Підготовка студентів до занять та вимоги до ведення записів лабораторних робіт.

Успішне виконання лабораторних робіт на заняттях та індивідуальних завдань по вивченню фізіологічних та біохімічних процесів у рослинних організмах залежить, в першу чергу, від сумлінної підготовки студентів до занять. Саме це забезпечить чіткість, продуманість і організованість виконання будь-якого завдання.

Починаючи готуватись до лабораторного заняття, потрібно насамперед вивчити теоретичний матеріал, засвоїти основні поняття і терміни, усвідомити загальноосвітнє і практичне значення цієї теми. Другим етапом підготовки до занять є ознайомлення з методичними рекомендаціями до лабораторного заняття. Їх необхідно уважно прочитати і законспектувати у робочий зошит. Робочий зошит повинен вести кожен студент. Цю роботу необхідно виконувати напередодні занять.

На початку заняття студент одержує у лаборанта необхідне приладдя і реактиви. Розставляє їх на своєму робочому місці і приступає до виконання завдання.

Обов'язковими записами у робочому зошиті мають бути такі:

1. Дата заняття.
2. Назва теми заняття.
3. Завдання по вивченню теоретичного матеріалу та виконанню лабораторної роботи (досліді).
4. Номер і назва лабораторної роботи чи досліді.
5. Принцип методу, загальні поняття та практичне значення роботи чи досліді (за необхідності).
6. Перелік необхідного обладнання, реактивів, посуду тощо.
7. Хід роботи.

8. Результати дослідів.

9. Висновок або письмові відповіді на поставлені запитання.

Примітка: Результати і висновки студент записує у зошит по закінченні виконання лабораторного дослідів. Ці записи повинні бути зроблені безпосередньо після ходу роботи, а не в іншому місці. Для цього необхідно залишити півсторінки - сторінку чистого паперу.

Записи у лабораторному зошиті повинні бути акуратними і своєчасними у вказаній вище послідовності. Записи не можна вести на окремих аркушах або в різних зошитах. В зошиті необхідно вести всі записи: назви або номери дослідів, розрахунки, перелік питань, на які необхідно дати письмові відповіді, тощо.

Запис цифр зважувань, вимірювань, розрахунків роблять з точністю, вказаною у ході роботи за загальноприйнятим правилом. У межах однієї роботи вони повинні бути постійними.

Після закінчення роботи студенти повинні прибрати свої робочі місця, помити посуд і здати його лаборантові.

Після завершення аналізу і остаточного оформлення роботи записи в зошиті перевіряє викладач і шляхом опитування встановлює рівень засвоєння студентом матеріалу опрацьованої теми.

До виконання лабораторних робіт за певною темою студент готується самостійно ще до початку занять. На початку занять він доповідає викладачеві про засвоєння ним теоретичних і практичних основ заданої теми та порядок виконання лабораторної роботи чи дослідів. Непідготовлені студенти до занять не допускаються [10].

1.2. Основні положення техніки безпеки в лабораторії

Лабораторні заняття з фізіології рослин розпочинаються інструктажем з техніки безпеки та вивчення основних положень роботи і поведінки в лабораторії. Після прослуховування інструктажу студенти фіксують це у спеціальному журналі особистим підписом.

Під час роботи в лабораторії студенти зобов'язані суворо дотримуватися техніки безпеки та загально прийнятих правил роботи в хімічних лабораторіях. При виконанні лабораторних робіт необхідно бути досить уважними, щоб уникнути помилок, які можуть звести нанівець всю роботу на яку витрачено багато часу і праці. Особливо уважним і акуратним слід бути при роботі з нагрівальними приладами і реактивами. Всі студенти повинні дбати про економічне використання витратних матеріалів та енергії. Матеріальне забезпечення лабораторних робіт (підготовка хімічного посуду, приладів, виготовлення розчинів, тощо) здійснюється обслуговуючим персоналом кафедри. Проте, за одержаний посуд, прилади та реактиви відповідають студенти. За загальний порядок та чистоту в лабораторії під час занять відповідає черговий студент по групі.

Працювати в лабораторії студенти повинні лише в спеціальних халатах, щоб уникнути забруднення одягу та руйнування його тканин розчинами агресивних сполук.

До роботи в лабораторії допускаються лише ті студенти, які пройшли інструктаж з техніки безпеки на робочому місці.

Основними положеннями техніки безпеки на робочому місці є такі:

1. Робоче місце студента під час аналізу не повинно бути захаращеним зайвими предметами.

2. Під час роботи в лабораторії забороняється: працювати без вентиляції, проводити інші роботи, не пов'язані з виконанням завдання, вживати їжу, зберігати особистий одяг, голосно розмовляти, робити різкі рухи, залишати без нагляду ввімкнені прилади.

3. Забороняється користуватися хімічним посудом, лійками, приладами із скла, що мають тріщини, відбиті краї, тощо.

4. Аналізи з неприємними і отруйними речовинами, концентрованими кислотами і лугами, а також випаровування, прожарювання та спалювання слід проводити у витяжній шафі.

5. При виготовленні розчинів із концентрованих кислот – кислоту вливати у воду, а не навпаки!

6. Всі прилади, що мають клему “Земля” повинні бути заземлені.

7. Проби рідин відбирати лише за допомогою мірного циліндра, бюретки, піпетки з гумовою грушею.

Суворе дотримання правил техніки безпеки, точне виконання вказівок, зазначених у цьому посібнику, і вказівок викладача є основним заходом запобігання нещасним випадкам [10].

Починаючи роботу в лабораторії, кожний студент повинен ознайомитись з тим, які нещасні випадки можуть трапитися під час його роботи і які заходи першої допомоги слід вживати при цьому. Особливо небезпечні різного роду опіки.

При опіках першого або другого ступеня водяною парою, гарячою водою, або гарячим предметом, обпечену ділянку тіла треба протерти розчином KMnO_4 або спиртом з наступним накладанням антисептичної емульсії (сульфідинової наприклад). При більш сильних опіках потерпілого необхідно направити в медпункт.

При потраплянні на відкриті ділянки тіла концентрованих кислот (нітратної, сульфатної, хлоридної) треба негайно змити їх під краном, після чого обробити обпечене місце 2-5% розчином соди (NaHCO_3). Сульфатну кислоту спочатку треба стерти ватою або фільтрувальним папером.

Якщо концентровані кислоти потрапили на очі, їх необхідно старанно промити слабким розчином кислоти (2% розчином борної, оцтової або лимонної кислоти).

При опіках очей лугами старанно промити око водою, а після цього 2% розчином борної кислоти.

При отруєнні газами потерпілого вивести на чисте повітря, якщо потрібно зробити штучне дихання і дати вдихнути кисень.

Якщо кислоти попали на одяг, швидко змити їх водою, потім обробити це місце слабким розчином соди і знову промити водою.

При попаданні на одяг концентрованих лугів, їх негайно треба змити водою, а потім це місце обробити слабким розчином кислоти (оцтова, лимонна, тощо).

В разі виникнення пожежі треба негайно закрити вогонь ковдрою або засипати піском, та обов'язково сповістити викладача чи лаборанта [10].

1.3. Хімічний посуд та правила роботи з ним.

У лабораторному практикумі з фізіології рослин використовують різноманітний посуд: скляний, фарфоровий, металевий. Весь лабораторний посуд вимагає обережного і акуратного використання. Основні види лабораторного посуду та обладнання зображені на рис. 1 [10].



Рис. 1 Хімічний посуд та обладнання для проведення аналізів.

Підготовка посуду до дослідів. Достовірність даних лабораторного дослідження значною мірою залежить від якості і чистоти посуду. Посуд повинен бути чистим і без будь-яких порушень поверхні. Особливо це стосується посуду із скла. Він не повинен мати тріщин, відбитих країв та інших пошкоджень.

Мити посуд слід зразу ж після закінчення дослідження. Якщо посуд був

забруднений речовинами розчиненими у воді, його миють теплою водою з використанням волосяних йоржиків або щіток. При цьому необхідно проявляти особливу обережність, щоб не пошкодити його дна або стінок. Ні в якому разі для миття посуду не слід використовувати пісок [10].

Посуд, забруднений органічними речовинами, миють 10-15 %-вим розчином натрій ортофосфату (Na_3PO_4). Крім того для цього можна використовувати соду, мило, пральний порошок. Миючу рідину заливають в посудину на $\frac{1}{4}$ об'єму, додають клаптики фільтрувального паперу і енергійно збовтують до очищення стінок. Після цього споліскують 3,5 %-вим розчином хлоридної кислоти і ретельно миють спочатку водою з крану, а потім дистильованою.

Якщо таким способом посуд не відмивається, застосовують більш активні речовини: хромову суміш, нітратну кислоту, суміш хлоридної кислоти і пероксиду водню, тощо.

Піпетки, бюретки, трубки краще мити хромовою сумішшю у високих товстостінних циліндрах. Ці предмети занурюють у розчин суміші більш як на половину. Через деякий час їх виймають і знову занурюють у циліндр протилежними кінцями.

Чисто вимитий посуд розвішують на кілочки сушильної дошки. Для швидкого висушування дрібний посуд сушать в сушильній шафі [10].

Нагрівання та кип'ятіння. При виконанні деяких лабораторних робіт та дослідів доводиться нагрівати або кип'ятити рідину. Для цього використовують різні нагрівальні прилади: електричні плити, газові пальники, спиртівки, сушильні шафи, муфельні печі та ін. При користуванні нагрівальними приладами необхідно бути дуже обережними. Не можна підносити до нагрівальних приладів легкозаймисті речовини і предмети. Перед вмиканням електричних приладів треба перевірити справність електропроводки. Електричний провід з пошкодженою ізоляцією та з несправною вишкою використовувати не можна [10].

Газові пальники можна вмикати тільки після того, як до його робочого

отвору буде піднесений запалений сірник. Якщо вогонь проскакує всередину пальника його необхідно відрегулювати. Це треба робити в присутності лаборанта або викладача. Після закінчення роботи надходження газу до пальників треба перекрити.

При роботі з спиртівками не можна доливати в них пальну рідину у той час, коли вони запалені або дуже гарячі. Гасити спиртівку слід тільки ковпачком.

Нагрівати або кип'ятити рідини в скляному хімічному посуді на цих приладах можна при наявності на них спеціальної сітки з азбестом. Нагрівати (кип'ятити) рідину у пробірках можна на відкритому вогні спиртівки або газового пальника. Пробірку при цьому треба тримати спеціальним тримачем. Відкритий кінець пробірок і колб відводять у протилежний бік від себе і працюючих у лабораторії. На відкритому вогні також прожарюють фарфорові чашки.

Крім того, нагрівання проводять на водяних і піщаних банях. Це роблять у тих випадках, коли нагрівання необхідно вести тривалий час при постійній температурі. На водяній бані підтримується температура 100°C , на піщаних - $200-300^{\circ}\text{C}$.

При будь-якій несправності нагрівального приладу студент повинен повідомити про це викладача або лаборанта [10].

1.4. Виготовлення розчинів.

При виконанні лабораторних дослідів з фізіології рослин студенти часто користуються розчинами різної концентрації. Виготовлення розчинів для цієї мети здійснюють, як правило, лаборанти. Проте, часто виникає необхідність коли готувати їх треба самим студентам. Тому вважаємо за доцільне нагадати способи виготовлення розчинів і як виражати їх концентрацію.

Концентрацією розчину називають кількість розчиненої речовини, що міститься в певній кількості розчину або розчинника. Концентрація може

бути ваговою або об'ємною.

Вагова концентрація це кількість розчиненої речовини, яка віднесена до певної ваги розчину або розчинника.

Об'ємна концентрація це кількість розчиненої речовини, яка віднесена до об'єму розчину або розчинника.

Масова вагова концентрація розчинів виражається у відсотках, молярністю або його щільністю (питомою вагою); об'ємна концентрація - нормальністю або молярністю [10].

Залежно від призначення виготовляють робочі розчини або титровані. Робочі розчини - це розчини з наближеною концентрацією. У таких розчинах вміст розчиненої речовини дано в частках (масових чи об'ємних), у відсотках (відсоткова концентрація) або вказують масову концентрацію (г/л). Титровані розчини - це розчини з точною концентрацією, яка виражається кількістю моль розчиненої речовини в певному об'ємі розчину (молярна концентрація), кількістю еквівалентних мас розчиненої речовини в певному об'ємі розчину (еквівалентна або нормальна концентрація), числом грамів розчиненої речовини в 1 мл розчину (титр).

Титр - це маса розчиненої речовини в 1 мл розчину ($T = \text{г/мл}$ або $T = \text{г/см}^3$).

Відсоткова концентрація розчину виражається у масових відсотках. При цьому вказується кількість грамів розчиненої речовини, що міститься в 100 г розчину і позначається літерою омега (ω).

$$\omega = m \text{ речовини} / m \text{ розчину} \cdot 100\%.$$

Молярна концентрація - це відношення кількості розчиненої речовини (в молях) до об'єму розчину. Одиницею молярної концентрації є моль/л, яка позначається літерою М.

Наприклад, 1М - одномолярний розчин; 2М - двомолярний розчин; 0,1М - децимолярний розчин; 0,01М - сантимольярний розчин; 0,02 -

двосантимолярний розчин і т.д. [10].

У лабораторних роботах часто використовують розчини *нормальної концентрації*. Термін “нормальна концентрація” є застарілим. У сучасній аналітичній хімії ця концентрація має назву *молярна концентрація еквівалента (еквівалентна)*. Вона виражається числом еквівалентів (еквівалентних мас) в одному літрі розчину і дорівнює молярній концентрації розчину, розділеній на фактор еквівалентності [10].

Наприклад: еквівалентна маса кислоти дорівнює

$$\frac{M(\text{кислоти})}{\text{число моль атомів водню}}; \frac{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{3} = \frac{98 \text{ г/моль}}{3} = 32,6 \text{ г/моль};$$

еквівалентна маса основи дорівнює

$$\frac{M(\text{основи})}{\text{число гідроксильних груп}}; \frac{M(\text{Ca}(\text{OH})_2)}{2} = \frac{74 \text{ г/моль}}{2} = 37 \text{ г/моль};$$

еквівалентна маса солі дорівнює

$$\frac{M(\text{солі})}{\text{добуток ступеню окислення металу і числа йогоатомів}}; \frac{M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)}{6} = \frac{342 \text{ г/моль}}{6} = 57 \text{ г/моль}.$$

1.5. Технічні терези та вагові визначення

При виконанні багатьох лабораторних дослідів студентам доводиться користуватись терезами різної конструкції. Найчастіше в лабораторіях педагогічних навчальних закладів та загальноосвітніх школах використовують технічні терези. Вони дають змогу проводити зважування з точністю до 0,01 г (рис. 2).

Більшість випускників шкіл, які вступають на навчання у заклади вищої освіти, не мають навичок роботи з терезами. Тому ми наводимо загальні правила зважування на технічних терезах.

1. Перед зважуванням необхідно уважно перевірити чи правильно зібрані терези, чи повний комплект важок (гирь) доданий до них.

2. Перевірити зрівноваженість терезів. Зрівноваження терезів проводять з допомогою лаборанта або викладача.



Рис. 2. Терези з різновагами Т-200

3. Техніка зважування. На ліву шальку терезів кладуть зважуваний предмет, а важки на праву. Класти на шальку важки і знімати їх потрібно тільки пінцетом.

4. Класти на терези і знімати з них зважувані предмети (дослідні об'єкти, хімічні реактиви тощо) і важки треба тільки на виключених терезах. Включають терези для того, щоб перевірити рівновагу. Зрівноваженими терези вважаються тоді, коли стрілка відхиляється від позначки нуль на циферблаті на однакову відстань вправо і вліво.

5. Зважуваний матеріал треба класти на шальку терезів тільки в тарі (у тиглі, бюксі, стакані, пробірці, фільтрувальному папері тощо). Не можна класти на шальку терезів брудні, гарячі, мокрі предмети.

6. На терезах, як правило, слід зважувати взятую пробу якою вона є, а не доводити її до потрібної ваги.

Інші вимоги до правил користування терезами наведені в тексті лабораторних робіт [10].

Якщо лабораторія забезпечена сучасними електронними моделями терез, то необхідно користуватись інструкціями до цих приладів.

Крім того, на деяких лабораторних заняттях для зважування використовуються торзійні терези (рис. 3).

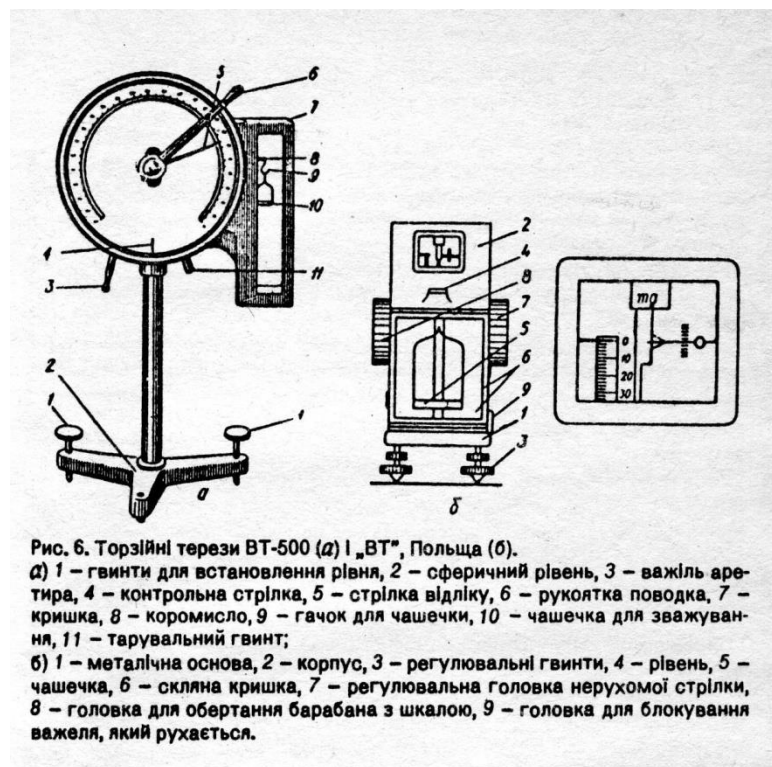


Рис. 3 Торзійні терези ВТ-500 (а) і «ВТ», Польща (б)

Оскільки в школах дуже рідко або взагалі не використовують такі терези, то випускники не мають навичок роботи з ними. Тому ми наводимо загальні правила зважування на торзійних терезах.

1. Перед зважуванням необхідно уважно перевірити справність терез, покликавши лаборанта чи викладача.

2. Перевірити зрівноваженість терезів. Зрівноваження терезів проводять з допомогою лаборанта або викладача. *Торзійні терези відрізняються від інших терез тим, що мають обмеження у зважуванні. Тому треба звернути увагу, до якої максимальної ваги вони налаштовані.*

3. Техніка зважування. На шальку терезів кладуть дослідні об'єкти.

Класти на шальку і знімати їх потрібно тільки пінцетом.

4. Класти на терези і знімати з них зважувані предмети (дослідні об'єкти тощо) треба тільки на виключених терезах. Включають терези для того, щоб перевірити рівновагу. Зрівноваженими терези вважаються тоді, коли стрілка відхиляється від позначки нуль на циферблаті на однакову відстань вправо і вліво.

5. По закінченні роботи з терезами, треба обов'язково перевірити, чи виключені вони, щоб не зіпсувати їх.

Розділ II

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА З ФІЗІОЛОГІЇ РОСЛИН

Пояснювальна записка

Програма вивчення нормативної навчальної дисципліни “Фізіологія рослин” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра галузі знань 014. Середня освіта спеціальності 014.05 Середня освіта (біологія та здоров’я людини)

Предметом вивчення навчальної дисципліни є життєві процеси та біохімічний склад рослин.

Міждисциплінарні зв’язки: навчальна дисципліна “Фізіологія рослин” пов’язана з дисциплінами “Ботаніка”, “Біохімія рослин”, “Біофізика рослин”, “Екологія”, “Неорганічна хімія”.

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Фізіологія і біохімія рослинної клітини. Водний режим рослин.
2. Фотосинтез. Мінеральне живлення рослин.
3. Дихання рослин. Ріст і розвиток рослин. Фізіологія стійкості рослин.

I. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни “Фізіологія рослин” формування у студентів глибоких теоретичних знань про основні процеси життєдіяльності рослин, практичних умінь та навичок проведення дослідів з рослинами, опанування сучасних методик проведення досліджень та достовірної оцінки їх результатів.

Основними завданнями вивчення дисципліни “Фізіологія рослин” є детальне вивчення основних процесів, функцій та закономірностей життєдіяльності рослин, розкриття молекулярних основ фізіологічних процесів і механізмів керування ними в системі цілісного організму.

Внаслідок опанування дисципліни студенти повинні знати: основні завдання фізіології рослин та її методи досліджень, терміни, поняття, закономірності; будову, хімічний склад та метаболізм клітин рослинних організмів, мінеральне живлення та водний режим рослинного організму процес фотосинтезу, його енергетику та стадії; роль пластидних пігментів та ферментів у процесі фотосинтезу; дихання рослинних організмів, його хімізм, особливості та значення; ферментативну систему та енергетику дихання;

космічну роль зеленої рослини в біосфері; особливості процесів росту і розвитку рослин; адаптації та механізми стійкості рослин до впливів абіотичних та біотичних чинників; вміти: давати визначення та тлумачення основних термінів, положень та закономірностей фізіології рослин; *знати*: будову, хімічний склад та метаболізм клітин рослинних організмів, мінеральне живлення та водний режим рослинного організму процес фотосинтезу, його енергетику та стадії; роль пластидних пігментів та ферментів у процесі фотосинтезу; дихання рослинних організмів, його хімізм, особливості та значення; ферментативну систему та енергетику дихання; космічну роль зеленої рослини в біосфері; особливості процесів росту і розвитку рослин; адаптації та механізми стійкості рослин до впливів абіотичних та біотичних факторів; вміти визначати хімічний склад рослинної клітини. визначати активність ферментів рослин; виявляти рух цитоплазми у рослинній клітині; визначати життєздатність насіння; викликати явище плазмолізу та деплазмолізу; визначати концентрацію клітинного соку та його осмотичний тиск; визначати вміст води та сухої речовини в рослинах; визначати інтенсивність транспірації; визначати інтенсивність фотосинтезу; визначати інтенсивність дихання; проводити мікрохімічний аналіз золи рослин; виявляти вміст нітратів у рослинних органах; визначати потребу рослин в елементах мінерального живлення; проводити спостереження за ростом рослин; визначати стійкість рослин до екстремальних впливів; володіти методами виведення рослин із стану спокою; володіти методами визначення зимостійкості, посухостійкості, газостійкості, солестійкості; вміти застосовувати сформовані в процесі вивчення фізіології рослин вміння та навички постановки та проведення експериментів, спрямованих на вивчення основних фізіологічних процесів у рослин, при виконанні самостійних наукових досліджень та у майбутній педагогічній діяльності.

Основні результати навчання та компетентності, які вони формують:

№ з/п	Результати навчання	Компетентності
1.	Загальні: ПРН10 - Продемонструвати глибокі знання в обраній галузі з циклу професійної підготовки. Оперувати біологічними термінами і поняттями.	Загальні: ЗК5 - здатність до спілкування державною та іноземною мовою (усною та письмовою).
2.	ПРН11 - Розпізнавати тварин в природних умовах за зовнішнім виглядом та особливостями поведінки, знати їхні латинські назви, характеризувати екологічні групи рослин та тварин.	ЗК6 – здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями впродовж життя. ЗК7 – здатність до самовдосконалення та

3.	<p>Фахові: ПРН12 - Розпізнавати адаптивні можливості різних живих організмів; порівнювати адаптивні можливості організмів на різних рівнях організації.</p>	<p>саморозвитку. Фахові: ФК1 - здатність до опанування знань в обраній галузі з циклу професійної підготовки. ФК3 - здатність використовувати професійно профільовані знання й практичні навички в галузі фізіології для дослідження адаптаційних можливостей організму.</p>
4.	<p>ПРН13 - Продемонструвати уявлення про генно-інженерні методи створення рекомбінантних мікроорганізмів, трансгенних рослин і тварин; ролі біотехнології у створенні лікарських препаратів, методів діагностики і лікування хвороб.</p>	<p>ФК4 - здатність до використання професійно профільованих знань в галузі біотехнології, генної інженерії.</p>
5.	<p>ПРН14 - Знати способи розмноження та відтворення живих організмів.</p>	
6.	<p>ПРН15 - Знати будову та основні функціональні особливості підтримання життєдіяльності живих організмів. Вміти застосовувати знання сучасних теоретичних основ біології для пояснення будови і функціональних особливостей організмів на різних рівнях організації живого, їх взаємодію, зв'язки, походження, класифікацію, значення, використання та поширення.</p>	<p>ФК5 - здатність до формування базових знань про відтворення і розмноження живих організмів. ФК11 – здатність застосовувати сучасні методи дослідження для визначення будови, функцій, життєдіяльності, розмноження, класифікації, походження, поширення, використання та інтерпретувати результати досліджень.</p>
7.	<p>ПРН20 - Продемонструвати дослідницькі навички. Вміння роботи з вимірювальним обладнанням та технікою, лабораторним обладнанням. Професійні вміння роботи з гербаріями, колекціями живих організмів, фіксованими препаратами, мікропрепаратами.</p>	
8.	<p>ПРН21 - Виконувати експериментальні польові та лабораторні дослідження на основі набутих теоретичних знань. Володіє різними методами розв'язування розрахункових та експериментальних задач з біології та методикою навчання їх школярів.</p>	<p>ФК6 - здатність застосовувати сучасні експериментальні методи роботи з біологічними об'єктами в польових і лабораторних умовах, навички роботи із сучасною апаратурою. ФК12 – здатність застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях.</p>

II. Орієнтовний тематичний план дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 4 кредити ЕКТС, 120 годин.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1										
Змістовий модуль 1. Фізіологія і біохімія рослинної клітини. Водний режим рослин										
Тема 1. Вступ. Фізіологія рослин як наука. Роль фізіології рослин у підготовці вчителя біології. Хімічний склад клітини. Вміст основних органічних речовин. Вуглеводи, органічні кислоти. . Амінокислоти, білки, нуклеїнові кислоти. Обмін речовин. Біокатализатори.	8	2		2	4	11	1		2	8
Тема 2. Субмікроскопічна будова рослинної клітини.	2	-		-	2	4				4
Тема 3. Значення води в житті рослин. Вміст та стан води. Надходження води в рослинну клітину. Рослинна клітина як саморегулююча осмотична система.	14	4		6	4	12				12
Тема 4. Коренева система як орган поглинання води.	6	2		2	2	6	1			5
Тема 5. Транспірація та її біологічне значення. Залежність транспірації від умов внутрішнього та зовнішнього середовища. Водний режим рослин різних екологічних груп.	10	2		4	4	7				7
Разом за змістовим модулем 1	40	10		14	16	40	2		2	36

Модуль 2										
Змістовий модуль 2 Фотосинтез. Мінеральне живлення рослин										
Тема 1. Типи вуглецевого живлення. Фотосинтез. Історія відкриття. Космічна та планетарна роль зелених рослин. Листок як орган фотосинтезу	5	2		-	3	5	1			4
Тема 2. Пігменти фотосинтезуючих систем. Пластидні пігменти: хлорофіли каротиноїди, флавоноїди, фікобіліни, їх фізіологічна роль, хімічна природа.	10	2		4	4	9	1		4	4
Тема 3. Енергетика фотосинтезу. Світлова стадія. Фотофізичний етап. Поняття про фотосистеми, реакційні центри. Циклічне і нециклічне фотофосфорилування. Фотоліз води.	6	2		-	4	8	-			8
Тема 4. Темнова стадія фотосинтезу. С ₃ - та С ₄ - шляхи фотосинтезу. Хемосинтез та фоторедукція. Продукти фотосинтезу.	8	2		2	4	8	-			8
Тема 5. Історія розвитку вчення про мінеральне живлення. Закономірності та механізми процесу мінерального живлення. Поняття про макро-, мікро- і ультрамікроелементи, їх фізіолого-біохімічну роль. Хімічний склад золи. Мінеральні солі – основна форма мінерального живлення. Мінеральні добрива.	10	3		2	5	11	1			10

Тема 6. Роль азоту в житті рослин. Форми азотистих сполук у ґрунті. Фіксація молекулярного (атмосферного) азоту рослинами. Хімізм процесу. Особливості азотного живлення напівпаразитичних, паразитичних та комахоїдних рослин.	5	1		2	2	3				3
Разом за змістовим модулем 2	44	12		10	22	44	3		4	37
Змістовий модуль 3. Дихання рослин. Ріст і розвиток рослин. Фізіологія стійкості рослин										
Тема 1. Поняття про дихання, його значення в житті рослин. Історія розвитку вчення про дихання. Праці В.І.Палладіна і О.М.Баха. Теорія біологічного окиснення Баха і Палладіна.	7	2		2	3	8	1		2	5
Тема 2. Етапи процесу дихання. Ферментативні системи, їх енергетика. Пентозофосфатний шлях дихання: хімізм, особливості, значення. Інші шляхи дихання.	7	2		2	3	5	-			5
Тема 3. Бродіння як анаеробне дихання. Типи бродіння, їх хімізм. Залежність дихання від умов навколишнього середовища.	2			-	2	4				4
Тема 4. Ріст та розвиток рослин. Онтогенез. Методи вивчення. Фази росту клітини. Етапи онтогенезу вищих рослин. Теорія циклічного старіння і омолодження. Типи росту організмів. Залежність росту від внутрішніх та зовнішніх умов середовища.	6	2		2	2	6	-		2	4
Тема 5. Регуляція ростових процесів. Стимулятори та інгібітори росту. Ростові	2	-		-	2	4	-			4

кореляції.										
Тема 6. Рухи рослин. Еволюція способів руху.	2	-		-	2	2			2	
Тема 7. Періодичність ростових процесів. Періоди вегетації і спокою. Стадійний розвиток рослин. Стадія яровизації. Світлова стадія.	4	2		-	2	3			3	
Тема 8. Стійкість рослин як адаптивне пристосування до конкретних умов існування. Посухо- та жаростійкість. Солестійкість. Холодостійкість. Морозостійкість. Зимостійкість. Газостійкість. Стійкість до радіації та інфекційних захворювань.	6	2		2	2	4			4	
Разом за змістовим модулем 3	36	10		8	18	36	1		4	31
Усього годин	120	32		32	56	120	6		10	104

III. Зміст навчальної дисципліни за модулями і темами.

Змістовий модуль 1. Фізіологія і біохімія рослинної клітини

Тема 1. Вступ. Зміст, напрямки, об'єкти, методи. Історія розвитку фізіології рослин як науки. Роль фізіології рослин у підготовці вчителя біології. Хімічний склад клітини.

Фізіологія рослин – наука про різноманітні сторони життєдіяльності рослин. Її положення в системі біологічних наук. Рослина – об'єкт фізіології рослин, його особливості та методи вивчення на різних рівнях організації: молекулярному, субмолекулярному, клітинному, тканинному, органному, організменному та біоценотичному. Редукційний і інтегральний підходи під час вивчення рослинного організму на різних рівнях його організації.

Основні напрямки розвитку сучасної фізіології рослин: біохімічний, біофізичний, еволюційний, математичний, екологічний і синтетичний (кібернетичний). Роль фізіології рослин у програмуванні продуктивності рослин, прогнозуванні стану екологічних систем

та охорони природи. Основні завдання фізіології рослин на сучасному етапі та шляхи їх реалізації.

Короткий нарис з історії розвитку фізіології рослин. Розвиток фізіології рослин в Україні. Роль фізіології рослин в підготовці вчителів біології і хімії, біології і географії, хімії і біології, біології та психології до роботи у загальноосвітніх школах, гімназіях, ліцеях, коледжах та інших навчальних закладах згідно з концепцією Української національної школи та державної програми “Освіта та XXI століття”.

Хімічний склад клітини. Вміст основних органічних речовин. Вуглеводи, органічні кислоти.

Клітина – основна структурна і функціональна одиниця живого організму. Клітинна теорія. Симбіогенетична гіпотеза.

Амінокислоти, білки, нуклеїнові кислоти. Обмін речовин. Біокаталізатори.

Вміст, склад та фізіологічне значення вуглеводів, органічних кислот, амінокислот, білків, ліпідів та нуклеїнових кислот.

Обмін речовин – основа функціональної єдності рослинного організму. Біокаталізатори (ферменти) рослинної клітини, їх основні властивості. Локалізація та розподіл ферментативних систем у рослинній клітині. Зміна їх складу та активності залежно від умов існування та етапів онтогенезу.

Тема 2. Субмікроскопічна будова рослинної клітини.

Субмікроскопічна будова рослинної клітини, використання детергентів, диференціального центрифугування та різних видів мікроскопії для виділення і вивчення будови та функції основних органел: ядра (в інтерфазі), пластид, мітохондрій, ендоплазматичної сітки, діктіосом, пероксисом та гліоксисом; утворень, які не належать до органел – рибосом, мікротрубочок та їх похідних (сферосом), похідних протопласта (вакуолей, плазматичних включень, клітинної оболонки).

Основні властивості цитоплазми як колоїдної системи: в'язкість, еластичність, подразливість, рух та вибіркова проникність.

Тема 3. Надходження води в рослинну клітину. Рослинна клітина як саморегулююча осмотична система.

Надходження води в рослинну клітину Дифузія. Поняття про хімічний і водний потенціал. Осмос. Осмотичний тиск. Методи визначення осмотичного тиску. Клітина як осмотична система. Явище плазмолізу і деплазмолізу. Циториз. Тургор, тургорний тиск, тиск набубнявіння, всмоктувальна сила. Всисна сила. Зміни співвідношення між

тургором, осмотичним тиском і всмоктувальною силою залежно від насичення клітин водою. Активне поглинання води клітиною.

Надходження розчинів солей в рослинну клітину. Поняття про вибіркоче нагромадження клітиною поживних елементів. Пасивний і активний транспорт іонів в рослинну клітину, етапи надходження. Механізм транспорту іонів через мембрану.

Мембранний електрохімічний потенціал. Активна дифузія. Транспортні АТФ-ази. Піноцитоз. Екзоцитоз. Включення іонів в обмін речовин клітин.

Внутрішньоклітинні системи регуляції: на рівні ферментів, генетична та мембранна, їх особливості та надійність. Міжклітинні системи регуляції: трофічна, гормональна, електрофізіологічна, їх еволюція і надійність функціонування. Взаємозв'язок і взаємозалежність різних систем регуляції – основа інтеграції. Рівні та механізми інтеграції у рослин. Поняття про фізіологічні поля, канали зв'язку, осциляції, регуляторні контури. Особливості та механізм функціонування системи: зовнішній подразник – рецептор – транслятор – приймач – функціональна фізіологічна відповідь. Значення зворотних зв'язків. Подразнення – яскравий приклад кооперативної дії різних регуляторних систем. Закони подразнення. Координація системами регуляції та інтеграції різноманітних процесів (фізіологічних, біохімічних, морфо-генетичних, рухових тощо) у рослинному організмі залежно від його онтогенезу та умов вирощування.

Значення води в житті рослини. Розвиток вчення про водообмін у рослин. Вміст та стан води в органелах, клітинах та окремих органах рослинного організму в онтогенезі. Методи визначення вмісту та стану води в рослинах.

Тема 4. Коренева система як орган поглинання води. Водний баланс в системі: ґрунт – рослина – атмосфера.

Ґрунт – основне джерело води для рослини. Стан та форми ґрунтової води. Методи визначення вмісту води в ґрунті. Водний потенціал ґрунту. Поняття про коефіцієнт в'янення та “мертвий” запас вологи в ґрунтах різних типів.

Поглинання води коренем. Механізми поглинання – симпластний та апопластний шляхи транспорту води. Шляхи та рушійні сили радіального транспорту води в корені. Плазмодесма кореневого волоска та ендодерма – головні бар'єри радіального транспорту води. Градієнт водного потенціалу – основна рушійна сила транспорту води по рослині. Здатність надземних органів рослини до поглинання води. Активне та пасивне поглинання води коренем. Кореневий тиск як нижній двигун води, його механізм. “Плач” та гутація у рослин. Склад пасоки “плачу” та гуті. Залежність поглинання води коренем від умов зовнішнього середовища.

Шляхи, рушійні сили та механізм висхідного шляху води по ксилемі. Виявлення та значення присисної дії листків (верхнього кінцевого двигуна). Теорія зчеплення (когезія). Механізми пасивного підняття води в ксилемі за рахунок капілярних сил. Водний обмін між ксилемою і флоемою. Швидкість пересування води у різних рослин.

Тема 5. Транспірація та її біологічне значення.

Транспірація – випаровування води рослиною, її біологічне значення. Характеристика основних параметрів: інтенсивність, продуктивність транспірації, транспіраційний коефіцієнт. Види транспірації: продихова, кутикулярна, лентикулярна. Їх співвідношення в онтогенезі листка. Механізми регулювання відкривання та закривання продихів. Добовий хід транспірації. Гормональна регуляція водообміну у рослин.

Залежність транспірації від умов внутрішнього та зовнішнього середовища. Водний режим рослин різних екологічних груп.

Залежність транспірації від різноманітних факторів: зовнішніх – температури повітря, світла, відносної вологості повітря, вологості ґрунту, мінерального живлення; внутрішніх – онтогенезу рослини, вмісту води, фітогормонально-інгібіторного співвідношення. Особливості водного режиму рослин різних екологічних груп. Водний обмін у гідратофітних, пойкилогідричних і гомойогідричних рослин. Екологічні групи гомологічних рослин: гігрофіти, мезофіти, ксерофіти. Фізіологічна різноманітність ксерофітів.

Водний дефіцит, методи визначення і його вплив на фізіолого-хімічні процеси у рослин. Основні діагностичні показники необхідності зрошення: водний дефіцит, концентрація клітинного соку, ступінь відкритості продихів, порометрія, електрична провідність органів рослин. Наукове обґрунтування строків, норм та способів поливу. Продуктивність використання води різними сільськогосподарськими рослинами.

Змістовий модуль 2 Фотосинтез. Мінеральне живлення рослин

Тема 1. Типи вуглецевого живлення. Фотосинтез. Історія відкриття. Космічна та планетарна роль зелених рослин. Листок як орган фотосинтезу

Фотосинтез. Історія відкриття та вивчення цього процесу. Значення фотосинтезу у природі, його космічна роль. Типи асиміляції вуглекислоти як адаптації у рослин до умов існування. Характеристика основних показників фотосинтезу. Методи та одиниці їх вимірювання.

Листок як орган фотосинтезу. Дифузія CO_2 в листок до місць карбоксилювання. Поняття про дифузійні опори, їх фізична суть та біологічне значення.

Тема 2. Пігменти фотосинтезуючих систем. Пластидні пігменти: хлорофіли каротиноїди, флавоноїди, фікобіліни, їх фізіологічна роль, хімічна природа.

Хлоропласти – мікроструктури, здатні до самостійного синтезу. Субмікроскопічна будова хлоропластів. Хімічний склад, походження, онтогенез. Хлоропласти – “депо” ферментів. Рух хлоропластів. Пластидні пігменти: хлорофіли, їх фізичні, оптичні та хімічні властивості. Біосинтез хлорофілів, каротиноїди, фікобіліни, їх фізичні та оптичні властивості. Біосинтез хлорофілів, каротиноїдів, фікоболінів, залежність біосинтезу від зовнішніх і внутрішніх факторів. Методи розподілу пігментів. Праці М.С.Цвета, К.А.Тімірязєва тощо. Зміна вмісту та якісного складу пігментів в онтогенезі фотосинтезуючої клітини та залежність цього процесу від умов існування рослин. Хроматична адаптація. Поняття про непластидні пігменти: антоціани, флавоїди і флавоноли.

Тема 3. Енергетика фотосинтезу. Світлова стадія. Фотофізичний етап.

Енергетика і хімізм фотосинтезу. Фотосинтез як процес поєднання світлових і темнових реакцій. Дослідження Ф.Блекмана, К.А.Тімірязєва, В.М.Любименко, Д.Арнона, М.Кальвіна.

Світлова стадія фотосинтезу. Механізм участі хлорофілу у фотосинтезі. Рівні збудження молекули хлорофілу, їх значення для фотосинтезу. Квантові витрати та квантовий вихід у процесі фотосинтезу.

Поняття про фотосистеми, реакційні центри і фотосинтетичні одиниці. Ефект Емерсона та його значення. Історія відкриття фотосистем. Фотосинтетичне фосфорилування, механізм утворення АТФ. Локалізація, будова і функціонування другої фотосистеми. Циклічне і нециклічне фотосфорилування. Фотоліз води. Утворення НАДФ• H_2 і виділення кисню. Продукти світлової стадії фотосинтезу та шляхи їх використання.

Тема 4. Темнова стадія фотосинтезу. C_3 – та C_4 – шляхи фотосинтезу. Хемосинтез та фоторедукція. Продукти фотосинтезу.

Темнова стадія фотосинтезу, історія її вивчення. C_3 -шлях фотосинтезу (цикл Кальвіна). Фази карбоксилювання, відновлення, регенерації. Повний баланс C_3 -шляху засвоєння CO_2 .

C_4 -шлях фотосинтезу. Праці М.Д.Хетча, С.Р.Слека, Г.П.Корчака, І.А.Тарчевського та Ю.С.Карпілова. Особливості первинного карбоксилювання в клітинах мезофілу та

вторинного карбоксилювання в клітинах обкладки. Переваги і недоліки C_4 -фотосинтезу порівняно з C_3 -шляхом засвоєння CO_2 .

Інші шляхи перетворення вуглекислого газу при фотосинтезі. Фотодихання, його особливості та фізіологічне значення.

Залежність фотосинтезу від різних факторів: зовнішніх – інтенсивності світла, спектрального складу світла, концентрації CO_2 , температури, концентрації кисню, мінерального живлення; внутрішніх – онтогенезу листка, вмісту асимілятів, вмісту хлорофілу (асиміляційне число), вмісту води в листку, стану відкритості продихів. Добовий хід фотосинтезу. Регуляція фотосинтезу на різних рівнях організації.

Продукти фотосинтезу: первинні, проміжні, кінцеві. Напрямки засвоєння вуглекислоти. Фотосинтетичне утворення вуглеводів, білків, жирів та органічних кислот. Транспорт та розподіл асимілятів в рослині. Поняття про співвідношення “донор-акцептор” асимілятів у рослині. Вихід асимілятів із хлоропластів та пересування цитоплазмою клітин мезофілу. Симпластний та апопластний шляхи близького пересування паренхімою (близького) пересування асимілятів в листку. Флоемний (далекій) транспорт асимілятів. Відкладання асимілятів у запас.

Фотосинтез і врожай. Характеристика основних показників, від яких залежить розмір і якість врожаю. Врожай біологічний та господарський. Роль різних органів у формуванні врожаю.

Шляхи підвищення продуктивності фотосинтезу. Поняття про хемосинтез та фоторедукцію. Світлокультура. Рослинництво закритого ґрунту.

Еволюція фотосинтезу. Еволюція фототрофії. Фоторедукція. Поняття про хемосинтез. Праці С.М.Виноградського.

Тема 5. Історія розвитку вчення про мінеральне живлення. Закономірності та механізми процесу мінерального живлення. Поняття про макро-, мікро- і ультрамікроелементи, їх фізіолого-біохімічну роль.

Мінеральне живлення – один з основних типів живлення рослин. Історія розвитку вчення про мінеральне живлення. Методи вивчення мінерального живлення рослин: лабораторні (на проростках в чашках Петрі, кюветах тощо), вегетаційні (водні, ґрунтові, піщані, гравієві, перлітові та інші культури), польові. Метод радіоактивних ізотопів. Метод стерильних культур. Вміст мінеральних елементів в різних рослинах та їх органах. Методи визначення вмісту мінеральних елементів: візуальний, хімічний, полярографічний, полум'яної фотометрії. Макро- і мікроелементи, ультрамікроелементи, їх фізіологічна роль. Хелати.

Мінеральні солі – основна форма мінерального живлення рослин. Механізм поглинання іонів (катионів і аніонів). коренем і їх транспорт через біологічні мембрани. Явище антагонізму іонів. Ґрунт – джерело поживних речовин для рослин. Доступні форми поживних речовин для рослин. Доступні форми поживних речовин для рослин в різних ґрунтах. Значення обмінних процесів у живленні рослин. Контактний обмін. Роль корневих виділень для засвоєння поживних елементів із важкорозчинних сполук.

Вплив рН ґрунту на засвоєння поживних речовин. Мікориза, мікрофлора ґрунту та їх роль в живленні рослин.

Пасивне та активне поглинання іонів кореневою системою. Роль дифузії, адсорбції та дихання у цьому процесі. Праці Д.А. Сабініна та І.І. Колосова. Шляхи та рушійні сили елементів в радіальному та висхідному напрямках. Низхідний транспорт мінеральних елементів їх кругообіг в рослині. Позакореневе поглинання мінеральних елементів. Вплив умов середовища на поглинання рослиною мінеральних елементів.

Фізіологічні основи застосування добрив. Методи вивчення поживної цінності ґрунту. Органічні і мінеральні добрива (прості, складні). Фізіологічно-кислі і фізіологічно-лужні добрива. Мінеральні добрива – одне з основних джерел забруднення навколишнього середовища. Мікродобрива. Бактеріальні добрива. Строки, норми та способи внесення добрив.

Тема 6. Роль нітрогену в житті рослин. Форми азотистих сполук у ґрунті. Фіксація молекулярного (атмосферного) азоту рослинами. Роль азоту в житті рослин.

Кругообіг азоту в біосфері. Форми азотного засвоєння у вищих рослин: мінеральні (нітрати, нітрити), органічні (амінокислоти, пептони, пептиди). Відновлення нітратів і нітритів в рослинах. Причини нагромадження та методи визначення нітратів в рослинах. Процеси амінування, дезамінування та переамінування в рослині.

Фіксація атмосферного азоту вільноживучими і симбіотичними азотфіксаторами. Хімізм процесу. Особливості азотного живлення бобових рослин. Праці Д.М. Прянишникова в галузі дослідження азотного обміну в рослинах.

Особливості азотного живлення напівпаразитичних, паразитичних та комахоїдних рослин. Мінеральні добрива.

Особливості азотного живлення напівпаразитичних, паразитичних та комахоїдних рослин.

Змістовий модуль 3. Дихання рослин. Ріст і розвиток рослин. Фізіологія стійкості рослин

Тема 1. Поняття про дихання, його значення в житті рослин. Історія розвитку вчення про дихання. Теорія біологічного окиснення О.М. Баха і В.І. Палладіна.

Поняття про дихання, його значення в житті рослини, методи та одиниці вимірювання. Історія розвитку вчення про дихання. Складові дихання – дихання росту, дихання підтримки, дихання адаптації. Дихання як окисно-відновний процес.

Роботи Г.Вілонда, О.М. Баха, В.І.Палладіна. Субстрати дихання. Дихальний коефіцієнт. Шляхи окиснення дихальних субстратів та залежність інтенсивності їх функціонування від умов існування та онтогенезу рослини. Ефект Пастера.

Дихотомічний шлях дихання. Локалізація, особливості інтенсивність значень. Анаеробна фаза дихання (гліколіз). Етапи гліколізу. Субстратне фосфорилування. Зв'язок дихання з бродінням за С.П.Костичевим.

Тема 2. Етапи процесу дихання. Ферментативні системи, їх енергетика. Пентозофосфатний шлях дихання: хімізм, особливості, значення. Інші шляхи дихання.

Анаеробна фаза дихання (гліколіз). Аеробна фаза дихання. Утворення ацетилкоензіму-А як проміжного ланцюга між а- і анаеробними стадіями. Цикл трикарбонових кислот (цикл Кребса), його хімізм, значення. Будова електронно-транспортного ланцюга та особливості його функціонування. Окисне фосфорилування. Вільне окиснення.

Пентозофосфатний шлях дихання, хімізм, особливості, значення. Певний баланс пентозофосфатного шляху дихання.

Гліколатно-глюксилатний шлях дихання. Локалізація, хімізм значення.

Відносна самостійність шляхів дихання, зв'язок між ними та з іншими шляхами вуглеводного обміну. Дихання – центральна ланка метаболічних процесів рослинної клітини.

Тема 3. Бродіння як анаеробне дихання. Типи бродіння, їх хімізм. Залежність дихання від умов навколишнього середовища.

Бродіння як анаеробне дихання. Типи бродіння, їх хімізм.

Зміни інтенсивності та шляхів дихання як адаптаційне пристосування до умов існування в онтогенезі рослин. Залежність дихання від умов навколишнього середовища: температури, вологості, світла, концентрації CO₂ та O₂, мінерального живлення.

Залежність дихання від внутрішніх факторів онтогенезу клітини (органу), вмісту води, специфічності клітини, органу в зв'язку з виконуваною функцією. Механізми регуляції дихання на різних рівнях організації рослинного організму: молекулярному, клітинному, органному, організменному, біоценотичному. Роль дихання в формуванні врожаю та його якості.

Тема 4. Ріст та розвиток рослин. Онтогенез. Фази росту клітини. Етапи онтогенезу вищих рослин. Типи росту організмів. Залежність росту від внутрішніх та зовнішніх умов середовища.

Загальне поняття та критерії росту і розвитку рослин. Їх співвідношення і взаємозв'язок залежно від онтогенезу та умов вирощування. Методи вивчення ростових процесів. Функціонування меристем – основа росту клітин і всього рослинного організму. Гетерогенність клітин в меристемі. Меристема спокою, меристема чекання, їх фізіологічне значення. Мітотичний цикл, мітотичний індекс. Особливості росту клітин. Фази росту клітини: фаза поділу (ембріональна), розтягнення, диференціації. Проростання насіння як приклад початку інтенсивних ростових процесів. Фізіолого-біохімічні особливості на перших етапах проростання насіння. Послідовність росту різних частин зародка. Штучна культура ізольованих клітин, тканин і органів, практичне значення. Метод меристемних культур і його застосування в біотехнології.

Тип росту органів рослин визначається положенням меристем: апікальний, базальний, інтеркалярний, бічний, дифузний. Інтенсивність росту. Велика крива росту (крива Сакса). Залежність ростових процесів від температури, світла (синього, червоного та далекого червоного), водозабезпечення, мінерального живлення, аерації.

Розвиток рослин. Етапи онтогенезу вищих рослин: ембріональний, ювенільний, зрілості, розмноження, старіння. Генетична детермінованість тривалості життя виду. Життєвий цикл різних форм рослин. Фенофази, етапи морфогенезу і органогенезу. Теорія циклічного старіння і омолодження. Праці М.П.Кренке. Вплив зовнішніх умов на процес розвитку. Фотоперіодизм. Роль фітохрому в сприйнятті фотоперіодичної реакції. Гормональна теорія розвитку рослин. Праці М.Х. Чайлахяна.

Тема 5. Регуляція ростових процесів. Стимулятори та інгібітори росту. Ростові кореляції.

Регуляція ростових процесів на різних рівнях організації рослинного організму. Фітогормонально-інгібіторна система – основа регуляції росту та розвитку. Стимулятори росту та розвитку. Ауксини. Відкриття, хімічний склад, утворення, фізіологічна дія. Апікальна меристема кореня - місце синтезу цитокінів, Гібереліни. Історія відкриття,

хімічна природа. Цитокиніни. Фізіологія і біохімія дії цитокинінів. Інгібітори росту: абсцизова кислота, кумарин, скополетин та ін. Етилен. Морфогенетична дія. Взаємодія фітогормонів. Механізм гормональної регуляції на генному та мембранному рівні. Множинність дії фітогормонів. Застосування фітогормонів в рослині. Синтетичні регулятори росту. Подразливість.. Фітохром: відкриття, хімічна природа і фізіологічна роль.

Тема 6. Рухи рослин. Еволюція способів руху. Рухи рослин.

Способи руху у рослин: внутрішньоклітинні, таксиси, верхівковий ріст, ростові рухи (тропізми і настії), тургорні рухи. Геотропізм, фототропізм, гідротропізм, хемотропізм, термотропізм, Ростові настії: фотонастії, термонастії, гіронастії. Сейсмонастії. Фізіологічна природа ростових рухів. Значення фітогормонів в ростових рухах. Гіпотеза Холодного-Вента. Статолітна гіпотеза. Еволюція способів руху рослин.

Тема 7. Періодичність ростових процесів. Періоди вегетації і спокою.

Стадійний розвиток рослин. Стадія яровізації. Світлова стадія. Періодичність росту. Циркадні ритми. Ендогенні ритми. Стан спокою. Типи стану спокою: глибокий спокій, вимушений. Фізіологічна природа спокою. Фізіологічний спокій насіння. Спокій бруньок, пагонів. Фотоперіодична реакція і стан спокою. Регуляція процесів стану спокою

Фізіологія розмноження рослин. Способи розмноження. Цвітіння рослин і методи його регуляції за допомогою факторів зовнішнього середовища. Системи внутрішньоорганізменної регуляції цвітіння. Клітинний контроль розвитку. Фізіологія запилення і запліднення. Детермінація статі у рослин. Генетична і горизонтальні системи регуляції статі у рослин. Розвиток плодів і насіння.

Тема 8. Стійкість рослин як адаптивне пристосування до конкретних умов існування.

Стійкість рослин – адаптивне пристосування до конкретних умов існування. Поняття про стреси, їх різноманітність. Фізіологічна адаптація рослин до стресів на різних рівнях організації. Значення спадковості в адаптації до стресів. Залежність врожаю від часу та глибини дії стресу.

Види та форми стійкості рослин. Посухо- та жаростійкість, методи визначення. Вплив зневоднення та перегріву на фізіологічні процеси. Адаптаційні пристосування рослин до різних видів посух та після зняття дії останніх. Праці В.Н.Заленського, М.О.Максимова, П.О.Генкеля та інших авторів з цього питання. Шляхи підвищення посухо- та жаростійкості рослин.

Затоплення рослин і його значення. Гіпоксія та її вплив на рослину. Пристосування рослин до затоплення.

Солестійкість рослин. Типи засолення ґрунтів. Пошкодження і загибелі рослин під дією високих концентрацій солей. Галофіти. Фізіологічні пристосування у галофітів для життя в умовах засолення. Праці П.О.Генкеля, Б.П.Строгонова, Б.А.Келлера. Заходи спрямовані на підвищення солестійкості рослин.

Холодостійкість. Причини загибелі теплолюбних рослин в умовах низьких позитивних температур. Способи підвищення холодостійкості рослин.

Морозостійкість. Причини загибелі рослин від морозів. Праці М.С.Максимова. Загартування рослин. Дослідження І.І.Туманова, Д.П.Проценка. Методи визначення морозостійкості. Використання біокріопротекторів для підвищення морозостійкості.

Зимостійкість. Причини загибелі рослин при випріванні, випиранні, вимоканні тощо. Підвищення зимостійкості рослин.

Газостійкість рослин. Забруднення повітря – новий антропогенний екологічний фактор. Основні види шкідливих інгредієнтів, характер забруднення повітря і їх вплив на рослину. Методи вивчення газостійкості рослин. Біологічні основи газостійкості рослин. Адаптаційні фізіолого-біохімічні пристосування для підвищення газостійкості у рослин. Методи підвищення газостійкості у рослин. Практичні рекомендації щодо озеленення промислових підприємств.

Стійкість рослин до радіації. Причини загибелі клітини при дії радіації. Механізми підвищення радіостійкості.

Стійкість рослин до інфекційних захворювань. Фізіологія хворої рослини. Фітоімунітет. Механізми захисту. Фітонциди і феноли. Фітоалексини.

IV. Засоби діагностики успішності навчання

Підсумковим видом контролю навчальних досягнень студентів під час вивчення курсу є екзамен. За результатами роботи на лабораторних заняттях, виконання завдань для самостійного опрацювання, підготовки та виступу з доповіддю на заняттях, поточних та модульних тестів, студенти накопичують 60 балів, на екзамені студенти отримують ще 40 балів, таким чином, сумарно навчальні досягнення оцінюються у 100 б.

Побудова програми за модульною схемою спрямована на максимальну індивідуалізацію процесу навчання. Структура програми дібрана так, щоб надати студентам можливість навчатись в індивідуальному темпі та орієнтуватись на певні рівні

вимог щодо засвоєння навчального матеріалу. Контроль знань студентів здійснюється за модульно-рейтинговою системою. Робота в семестрі поділяється на 3 змістові модулі.

V. Форма підсумкового контролю успішності навчання

Екзамен у 4 навчальному семестрі.

VI. Інформаційні джерела для вивчення курсу

Базова література

1. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин. – К.: Либідь, 2005. – 808 с.
2. Злобін Ю.А. Курс фізіології і біохімії рослин: Підручник. - Суми: ВТД «Університетська книга», 2004. – 464 с.
3. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин. Вінниця: Нова Книга, 2006. – 413 с.
4. Москаленко М. П. Фізіологія рослин: навчальний посібник: у 2-х частинах. Ч.1 / М. П. Москаленко.; Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Кафедра загальної біології та екології. – Суми: ФОП Цьома С.П., 2018. – 100 с.
5. Красноштан І. В. Фізіологія рослин : навчально-методичний посібник для студентів природничо-географічних факультетів педагогічних вузів / І. В. Красноштан ; Міністерство освіти та науки, Уманський ДПУ імені Павла Тичини. – Умань : ПП Жовтий О. О., 2016. – 133 с.
6. Фізіологія рослин: практикум / [О. В. Войцехівська, А. В . Капустян, О. І. Косик та ін.]; за заг. ред. Т.В. Паршикової. – Луцьк : Терен, 2010. – 420 с.

Допоміжна література

1. Фізіологія рослин : Практикум. / О.В. Брайон, В.Г. Чикаленко , П.С.Славний та ін.; / за ред. М.М. Мусієнка./ - К.: Вища школа , 1995. – 191 с.
2. Козаков Є.О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин. – К. : Фітосоціоцентр, 2000. – 272 с.
3. Скляр В. Г., Злобін Ю. А., Скляр В. Г., Злобін, Ю. А. Екологічна фізіологія рослин. - Суми : Університетська книга, 2015. - 271 с.
4. Фізіологія рослин: методичні рекомендації / В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк. – Умань, 2015. – 15 с.
5. Векірчик К.М. Фізіологія рослин: Практикум. – К.: Вища школа, 1984. –240 с.

Інформаційні ресурси

<https://moodle.npu.edu.ua/course/view.php?id=1636>

<http://www.tsatu.edu.ua/hb/course/biohimija-ta-fiziolohija-roslyn/>

<http://plantphysiol-bio.univer.kharkov.ua/Students>

http://repository.dnu.dp.ua:1100/?page=inner_material&id=5269

Розділ III

Методичні рекомендації до лабораторних занять з фізіології рослин

В даному розділі лабораторного практикуму наведені детальні методичні рекомендації до кожного лабораторного заняття курсу, структуровані відповідно до навчальної програми та розподілені на три змістові модулі:

1. Фізіологія і біохімія рослинної клітини. Водний режим рослин.
2. Фотосинтез. Мінеральне живлення рослин.
3. Дихання рослин. Ріст і розвиток рослин. Фізіологія стійкості рослин.

Змістовий модуль 1

Фізіологія і біохімія рослинної клітини. Водний режим рослин

Фізіологія і біохімія рослинної клітини. Клітина – елементарна структурно-функціональна одиниця рослинного організму. Вона здатна до самовідтворення і характеризується специфічними особливостями, які відрізняють її від клітин тваринного походження (наявність добре розвиненої целюлозної оболонки, пластид, вакуолярної системи, специфічний ріст розтягом).

Важлива характерна ознака рослинної клітини – наявність вакуолі, яка відмежована від цитоплазми одношаровою мембраною – тонопластом. У вакуолі міститься водний розчин мінеральних речовин, вуглеводів, органічних кислот, амінокислот тощо. Саме концентрацією розчинених речовин і відповідно осмотичним потенціалом вакуолярного соку, оточеного напівпроникною мембраною, визначається здатність клітин поглинати воду з навколишнього середовища. Крім того, вакуоля притискає цитоплазму клітини (з розташованими в ній пластидами) до клітинної стінки, сприяючи

тим самим більш успішному перебігу фотосинтезу. Вакуоля сприяє також створенню тургорного стану клітини, при якому насичений водою вміст її тисне на стінку. В стані повного насичення клітини водою тургорний протитиск повністю врівноважує осмотичний і клітина припиняє поглинати воду. Найбільшу сисну силу клітина має при повній відсутності тургору. В цей момент здатність клітини поглинати воду визначається її осмотичним потенціалом. Рушійною силою надходження води в клітину є різниця хімічних потенціалів води в клітині і навколишньому середовищі. Хімічний потенціал чистої води завжди більший за її хімічний потенціал в розчині (клітині). Чим вища концентрація сполук всередині клітини, тим менший хімічний потенціал внутрішньоклітинної води і тим швидше вода входить в клітину [6, 11, 13].

Осмотичний рух води в клітину відбувається пасивно, без енергетичних затрат. Мінеральні ж елементи здебільшого надходять крізь клітинні мембрани проти електрохімічного градієнта активно, за допомогою специфічних білків-переносників і затратою енергії АТФ. Завдяки добре розвиненій системі внутрішніх мембран і плазмалеми в клітинах підтримується відповідний іонний склад вакуолярного розчину і цитоплазми, що визначає статус клітини як колоїдно-осмотичної системи. Мембранний принцип будови протопласта реалізується в різноманітних проявах осмотичних властивостей нативних клітин. Зокрема, на цьому базуються принципи вивчення явищ плазмолізу, визначення осмотичного тиску клітинного соку, проникності живих і пошкоджених мембран тощо [6, 11, 13].

Водний режим рослин. Вода відіграє дуже важливу роль у житті рослин. Недостатнє водопостачання рослин завжди веде до зменшення нагромадження органічних речовин у рослинах, а в культурних – до зменшення врожаю. Вивчення водного режиму рослин має надзвичайно важливе значення. У рослин водообмін складається з:

- а) поглинання води рослиною,

- б) пересування води по рослині,
- в) виділення води рослиною,
- г) засвоєння води рослиною.

Перш за все студент повинен мати чітке уявлення про масштаби водообміну у рослин. На базі засвоєння знань про закономірності поглинання води клітиною студент повинен детально розібратися у висній діяльності кореневої системи, кореневого тиску, явищ «плачу», гутації. Знання залежності поглинання води рослиною від температури, а також водоутримуючої сили ґрунту допоможуть студенту зрозуміти природу сил, які визначають цей фізіологічний процес, і обґрунтувати загальну схему поглинання і пересування води по рослині [6, 11, 13].

Вивчення процесу виділення води рослиною зобов'язує студента поновити та поглибити уявлення про структуру листка, його покривних тканин та продихового апарату. Важливо знати основні показники, які характеризують процес транспірації, залежність цього процесу від зовнішніх умов (світла, температури, вологості).

Необхідно вміти охарактеризувати різні групи рослин за їх водним режимом.

Вода забезпечує постійний зв'язок між окремими органами рослини. Поживні речовини рухаються по рослині в розчиненому стані. Насичення водою (тургорний стан) забезпечує міцність тканин, збереження структури трав'янистих рослин, певну орієнтацію органів рослин у просторі тощо. Вода є тим середовищем, в якому відбуваються усі процеси обміну речовин. Нормальна життєдіяльність рослини спостерігається лише при повному забезпеченні водою. У сільськогосподарській практиці забезпечення рослин водою є одним з найважливіших заходів для вирощування високих урожаїв.

Водний режим рослини складається з таких основних фізіологічних процесів: поглинання води, руху води по рослині і виділення води рослинним організмом. Поглинання і випаровування води є найбільш напруженими процесами водного режиму рослин. Водний баланс рослини визначають

співвідношенням між кількістю поглинутої і кількістю виділеної води. Для нормального росту й розвитку рослин треба, щоб в неї надходило приблизно стільки води, скільки витрачається. В рослинах у процесі природного добору виробилися пристосування до поглинання води (добре розвинена коренева система), до руху води (спеціальна провідна система), до зменшення випаровування (система покривних тканин і система продихів) [6, 11, 13].

Вода надходить у рослину завдяки діяльності таких рушіїв, як кореневий тиск (нижній кінцевий двигун) і присисна дія транспірації (верхній кінцевий двигун). До найважливіших факторів, які регулюють поглинання, належать: доступна вологість ґрунту, температура, аерація ґрунту, осмотичні властивості середовища, яке оточує кореневу систему, глибина залягання коренів тощо. Основною силою, яка зумовлює надходження і рух води по рослині, є присисна сила випаровування (верхній двигун), внаслідок якого виникає градієнт водного потенціалу - міра енергії, що використовується водою для руху. Присисна дія транспірації передається кореням у формі гідродинамічного натягу, який пов'язує між собою роботу обох рушіїв [6, 11, 13].

Більшість лабораторних робіт цього змістового модуля мають діагностичне й прикладне значення.

Лабораторне заняття № 1.

Тема: Запасні поживні речовини

Робота №1 **Визначення запасних поживних речовин за допомогою гістохімічних реакцій.**

Основні відомості. У процесі життєдіяльності в рослинах відкладаються запасні поживні речовини – білки, вуглеводи (моносахариди – глюкоза, фруктоза; дисахариди – сахароза, мальтоза; полісахариди – інулін, крохмаль), жири. Вони можуть витрачатися на побудову тіла рослини або на різні життєві процеси як енергетичний матеріал. Відкладаються запасні поживні речовини в різних органах рослини: насінні, плодах, видозмінених пагонах, коренях.

Мета роботи. Вивчити хімічний склад рослинної клітини: виявити вуглеводи (моносахариди, полісахариди), білки, жири. Ознайомитися з методиками визначення цих речовин.

Матеріали: спиртовий настій коріння алькани, набухле насіння різних рослин (квасоля, горох, ячмінь, пшениця), плоди (помідор, огірок, яблуко, груша), коренеплоди (морква, буряк), бульби картоплі та ін.

Реактиви: розчин йоду в KI, 50%-й етиловий спирт, реактив Фелінга, 10%-й розчин NaOH, слабкий розчин CuSO₄, осмієва кислота, гліцерин, дистильована вода.

Посуд та обладнання: мікроскопи, термостат, теплиця, предметні скельця, скальпелі, препарувальні голки, спиртівки, сушильна шафа, штативи з пробірками, пробіротримачі, фарфорові тарілки, скляні палички, чашки Петрі.

Приготування реактивів:

R-н I₂ в KI.

2 г KI розчинити в 5 мл дистильованої води і додати 1 г I₂ крист. Після розчинення додати 295 мл дистильованої води. Зберігати в темній банці.

Рідина Фелінга. Даний реактив має бути обов'язково свіжо приготвленим.

I р-н: 40 г CuSO₄ розчинити в дистильованій воді, довести до об'єму 1л і профільтрувати;

II р-н : 200 г сегнетової солі розчинити в дистильованій воді, додати 150 г NaOH і довести до об'єму 1л. Перед використанням р-ни змішувати 1:1.

10%-й р-н NaOH.

10 г NaOH розчинити в 90 мл дистильованої води.

Слабкий розчин CuSO₄.

1 г CuSO₄ розчинити в 99 мл дистильованої води.

Р-н 50%-го етилового спирту

10 мл 96%-го етилового спирту розчинити в 9,1 мл дистильованої води.

Приготування матеріалів:

За 3-4 доби перед заняттям, насіння різних рослин (квасоля, горох, ячмінь, пшениця) ставлять спочатку у термостат (22 °С), а потім до теплиці на дорошування.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті пробірки, висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття пробірки ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи. Для визначення фруктози і глюкози об'єктами можуть бути: коренеплід моркви, цибуля, плоди груші й винограду. Для визначення крохмалю використовують бульби картоплі. Для визначення жирів – насіння соняшника, коноплі, льону. Для визначення білків – насіння бобових рослин.

Реакції проводять на зрізах, використовуючи предметні скельця. Для кожної реакції беруть свіжий зріз.

1. Реактивом на крохмаль є розчин йоду в калій йодиді. На зріз бульби картоплі нанести краплю цього розчину. Зріз, який містить крохмаль, зафарбовується в синій колір.

2. Для визначення полісахариду інуліну використовують коренеплід жоржини або земляної груші, витриманий 14 днів в 50%-му розчині етилового спирту. Зробивши зріз коренеплоду роздивляються його під мікроскопом. На стінках клітин можна буде помітити сферокристали інуліну, що виділилися.

3. Для визначення фруктози або глюкози використовують рідину Фелінга, до складу якої входить CuSO_4 . Зрізи роблять не дуже тонкі (3 шари клітин), після приготування їх сполоснути у воді і покласти на предметне скельце в краплю розведеної Фелінгової рідини та нагріти. В присутності відновлюючих цукрів утворюється червоний осад закису міді.

4. Жири можна визначити двома реактивами: спиртовим настоєм коріння алькани та осмієвою кислотою. Фарбування альканою відбувається таким чином: на зріз наносять краплю настою, закривають накривним скельцем і розглядають під мікроскопом. Краплини жиру, що витікають, зафарбовані в червоний колір. Осмієва кислота (слабкий розчин: від 0,25 до 1,0%) зафарбовує жир в бурий колір. В мікроскопі краплі жиру видні у вигляді блискучих краплинок.

5. Для визначення білків проводять такі реакції:

а) біуретова реакція. На предметне скло покласти зріз в краплю 10% розчину NaOH та додати краплю слабого розчину CuSO_4 . Осад купрум (II) гідроксиду, що при цьому утворюється, при наявності білка розчиняється і забарвлює зріз у фіолетовий колір;

б) реакція з розчином йоду в калій йодиді. Покласти зріз на предметне скло в краплину гліцерину, до якої додають краплину йоду в калій йодиді. Накривають зріз накривним скельцем і розглядають під мікроскопом. Від йоду білок фарбується в золотисто-жовтий колір.

Робота №2 Визначення дубильних речовин та алкалоїдів у рослинах.

Основні відомості. В зеленій рослині вуглеводи та білки є первинним матеріалом, який утворюється безпосередньо із неорганічних сполук у процесі фотосинтезу. А вже з них внаслідок різних хімічних перетворень у живій клітині виникають усі інші органічні сполуки, які є речовинами вторинного походження. Це: органічні кислоти, дубильні речовини, алкалоїди, антибіотики та фітонциди.

Дубильні речовини є в багатьох рослинах. Вони є похідними галлової та протокатехової кислот. За своєю хімічною природою близькі до антоціанів і похідних флавону та флавонолу. Вони утворюють з білками нерозчинні сполуки.

Алкалоїди – органічні азотовмісні речовини рослинного походження, що мають основний характер і здебільшого гетероциклічну будову. За хімічною будовою їх поділяють на похідні хіноліну, ізохіноліну, індолу, піридину, піперидину, пурину тощо. Алкалоїди містяться в рослинах найчастіше у вигляді солей яблучної, лимонної, винної та інших кислот, розчинних у воді. Алкалоїди – надзвичайно фізіологічно активні речовини і впливають на тваринний організм, багато з них є отрутами.

Мета роботи. Ознайомитися з методикою визначення вторинних речовин рослини – алкалоїдів і дубильних речовин. Порівняти їх кількісний вміст у різних рослинних об'єктах.

Матеріали, реактиви, обладнання. Спиртівки, штативи з пробірками, предметні скельця, пробіркотримачі, фарфорові тарілки, скляні палички, розчин йоду в йодистому калії, хлорне залізо, кора дуба, листя чаю, тютюну, насіння люпину алкалоїдного та ін.

Матеріали: кора дуба, листя чорного та зеленого чаю, тютюну, насіння люпину алкалоїдного та ін.

Реактиви: розчин йоду в KI, 3%-й розчин FeCl₃, дистильована вода.

Посуд та обладнання: сушильна шафа, мікроскопи, предметні скельця, скальпелі, препарувальні голки, спиртівки, штативи з пробірками, пробіротримачі, фарфорові тарілки, скляні палички, чашки Петрі.

Приготування реактивів:

Р-н I₂ в KI.

2 г KI розчинити в 5 мл дистильованої води і додати 1 г I₂ крист. Після розчинення додати 295 мл дистильованої води. Зберігати в темній банці.

3%-й р-н FeCl₃.

3 г FeCl₃ розчинити в 98- 99 мл дистильованої води.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті пробірки, висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття пробірки ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи. Характерною реакцією на дубильні речовини являється почорніння їх при обробці слабким розчином якої-небудь солі Феруму, наприклад ферум (III) хлориду (утворення чорнил).

1. Сухий рослинний матеріал розміром з горошину кип'ятять у пробірці з 5-6 мл води, додавши 1-2 краплини розчину ферум (III) хлориду.

2. Віджати краплину соку з рослинного матеріалу на тарілку, до неї додати краплину розчину ферум (III) хлориду.

3. Нанести краплину розчину ферум (III) хлориду на щойно виготовлений зріз досліджуваного рослинного матеріалу.

4. Результати дослідів записують до таблиці:

Назва рослини	Частина рослини	Ступінь почорніння		
		Слабо	Середньо	Сильно

Характерною реакцією на алкалоїди являється утворення червонувато-бурого осаду при їх обробці розчином йоду в калій йодиді.

5. Старанно розтерти рослинний матеріал (шматочки коріння, листка, плоду) скляною паличкою на тарілці до утворення каші і додати декілька краплин розчину йоду в калій йодиді. Червонувато-бурий колір говорить про наявність алкалоїдів.

6. Результати дослідів записують до таблиці:

Назва рослини	Частина рослини	Кількість осаду		
		Багато	Середньо	Мало

Контрольні запитання до заняття

1. Які органічні речовини відкладаються у різних органах рослин?
2. Як визначити вміст моносахаридів?
3. Як визначити вміст полісахаридів?
4. Як визначити вміст білків?
5. Як визначити вміст жирів?
6. Що таке речовини вторинного походження?
7. Що таке алкалоїди?
8. Що таке дубильні речовини?

Лабораторне заняття № 2.

Тема: *Виготовлення «штучної» клітини Траубе.*

Основні відомості. Рослинна клітина нагадує цитоплазматичний мішечок, в середині якого розташована центральна вакуоль, оточена тонопластом. Вакуоля – своєрідний резервуар, виповнений клітинним соком. Водорозчинні сполуки, які зумовлюють осмотичний потенціал клітинного соку, вибірково напівпроникність поверхневих мембран цитоплазми, еластичність клітинної оболонки дають змогу розглядати клітину як своєрідний природний осмометр. Вивчення осмотичних явищ в клітині найчастіше починають з таких простих моделей, як виготовлення «штучної» клітини Траубе.

Мета роботи. Навчитися виготовляти «штучну» клітину Траубе, вивчити на ній напівпроникність поверхневих мембран цитоплазми та осмотичні явища в клітинній оболонці.

Реактиви: 0,5 н. розчин CuSO_4 , 1 н. розчин $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, 0,5 н. розчин $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, 0,25 н. розчин $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, дистильована вода.

Посуд та обладнання: мікроскопи, сушильна шафа, предметні скельця, штативи з пробірками, піпетки.

Приготування реактивів:

0,5 н. розчин CuSO_4

80 г CuSO_4 розчинити в 1 л дистильованої води.

1 н. розчин $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$,

92 г $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ розчинити в 1 л дистильованої води.

0,5 н. розчин $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

До 100 мл 1 н. розчину $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ додати 100 мл дистильованої води

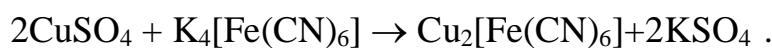
0,25 н. розчин $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

До 100 мл 1 н. розчину $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ додати 200 мл дистильованої води

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті пробірки, висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття пробірки ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи. На поверхні краплі розчину жовтої кров'яної солі, при попаданні її в розчин мідного купоросу (купрум (II) сульфат) утворюється напівпроникна плівка купрум гексаціаноферату.

1. У пробірку наливають $3/4$ об'єму $0,5$ н. розчину CuSO_4 і піпеткою обережно по стінкам пробірки спускають 1-2 краплі 1 н. розчину $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Реакція відбувається за такими рівнянням:



При цьому утворюється замкнений міхурець, який дістав назву «штучної» клітини. Плівка міхурця проникна для води і непроникна для солей. Оскільки концентрація розчину $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ у цій клітині більша, ніж концентрація розчину CuSO_4 , що оточує її, то вода з розчину надходить в середину «штучної» клітини. При цьому клітина збільшуватиметься в об'ємі доти, поки концентрація всередині міхурця і біля нього не зрівняються.

Під час збільшення об'єму «штучної» клітини плівка часто не витримує тиску і розривається. На місці розриву міхурця при стиканні з розчином CuSO_4 знову утворюється перегородка і вода надходить в міхурець до нового розриву.

Якщо розглядати «штучну» клітину на світлі, то можна помітити, що під час її збільшення струминки розчину CuSO_4 опускаються на дно пробірки. Це відбувається тому, що під час збільшення об'єму міхурця в результаті надходження води концентрація навколишнього розчину збільшується і важчі його шари опускаються донизу. Якщо розчин $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ взяти меншої концентрації, ніж розчин CuSO_4 , то міхурець навпаки, буде зменшуватися і струминки підніматимуться вгору, оскільки тут відбуватиметься протилежний процес.

«Штучну» клітину ще краще виготовляти під мікроскопом. Для цього на предметне скло кладуть маленький кристалик жовтої кров'яної солі і наносять на нього краплину розчину мідного купоросу (купрум (II) сульфат). Препарат швидко розглядають під мікроскопом при малому збільшенні. В полі зору добре видно, як навколо кристалика $K_4[Fe(CN)_6]$ утворюється міхурець рожевого кольору, який весь час збільшується в об'ємі. Ця «штучна» клітина збільшується нерівномірно доти, поки не розчиниться кристалик і не вирівняється концентрація.

2. Описати і зарисувати результати дослідів з використанням розчинів різних концентрацій.

Контрольні запитання.

1. Як виготовити «штучну» клітину Траубе?
2. Які властивості характерні для перегородки з купрум гексаціаноферрату?
3. Яку властивість живої цитоплазми можна вивчити на штучній моделі клітини Траубе?

Лабораторне завдання № 3.

Тема: *Визначення осмотичного тиску клітинного соку плазмолітичним методом (за де Фрізом).*

Основні відомості. Концентрацію клітинного соку, який являє собою розчин великої кількості різноманітних органічних і неорганічних сполук, можна визначити за його осмотичним потенціалом.

Плазмолітичний метод визначення цього показника полягає в тому, що зрізи досліджуваної тканини занурюють в розчини різних концентрацій і проводять дослідження їх під мікроскопом для виявлення ізотонічного розчину. Виходячи з того, що плазмоліз відбувається лише в гіпертонічних розчинах, знаходять таку концентрацію, при якій спостерігається початкова стадія плазмолізу не менше ніж у 50% клітин досліджуваної тканини. Ізотонічний розчин матиме середнє значення між цим розчином і наступним, в якому плазмоліз ще не відбувався [5, 6, 12].

Мета роботи. Визначення величини осмотичного тиску у рослин різних екологічних груп.

Матеріали: цибулина синьої цибулі ріпчастої, листки традесканції;

Реактиви: 1М розчин сахарози, 1М розчин NaCl, дистильована вода.

Посуд та обладнання: мікроскопи, предметні і накривні скельця, лабораторні склянки, мірні циліндри на 25 мл., скальпелі, скляні бюкси, пінцети, препарувальні голки, піпетки, склограф, фільтрувальний папір.

Приготування реактивів:

1М р-н NaCl

29,25 г NaCl розчинити в 0,5 л дистильованої води.

1М розчин сахарози

171 г сахарози розчинити в 0,5 л дистильованої води

Даний розчин має бути обов'язково свіжоприготовленим.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті скляні бюкси, висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття бюкси ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи.

1. Приготувати 7 розчинів NaCl або сахарози різної концентрації (від 0,1 до 0,7 моль/л) з вихідного 1M розчину, по 5 мл, згідно з таблицею:

Концентрація дослідного розчину, моль/л	На 5 мл розчину	
	1 M розчину сахарози або NaCl, мл	Води, мл
0,1	0,5	4,5
0,2	1,0	4,0
0,3	1,5	3,5
0,4	2,0	3,0
0,5	2,5	2,5
0,6	3,0	2,0
0,7	3,5	1,5

2. Розчини наливають у бюкси або баночки з відповідними позначками і добре перемішують; закривають кришками, щоб не було випаровування.

3. За допомогою леза готують 14 зрізів з опуклої сторони лусок синьої цибулі або інших об'єктів. Зрізи покласти у воду на предметному скельці, фільтрувальним папером видалити сік, що витікає з пошкоджених клітин.

4. Занурити по два зрізи в приготовані розчини, починаючи з найконцентрованішого. Зрізи повинні бути повністю занурені в розчин.

5. Через 20 – 30 хвилин зрізи витягують з розчинів і розглядають під мікроскопом в порядку занурення.

6. Результати записують у вигляді таблиці та зарисовують:

Концентрація розчину, моль/л	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Ступінь плазмолізу							
Рисунок клітин							

7. Знайти ізотонічну концентрацію, вирахувати величину осмотичного тиску клітинного соку за рівнянням Вант-Гоффа:

$$P=RTCi$$

де P – осмотичний тиск в мегапаскалях, Мпа;

R – універсальна газова стала, 0,0083кДж/(град·моль);

T – абсолютна температура, 273°+°С;

C – концентрація, моль/л;

i – ізотонічний коефіцієнт.

8. Зробити висновок про залежність ступеню плазмолізу від концентрації розчину.

Контрольні запитання.

1. Чому розчини електrolітів мають більший, порівняно з неелектrolітами, осмотичний тиск?

2. Чи можна визначити концентрацію клітинного соку плазмолітичним методом?

3. Чи можна відібрати воду від плазмолізованої клітини?

Лабораторне заняття № 4.

Тема: Проникність протоплазми клітин при пошкодженні.

Основні відомості. Цитоплазма живої клітини здатна утримувати деякі речовини, які містяться в клітинному соку, завдяки властивій їй прижиттєвій вибіркової напівпроникності. Якщо клітину пошкодити високою температурою, сильними кислотами або будь-якими іншими факторами, то цитоплазма втрачає властивість вибіркової проникності. Речовини, які містяться в клітинному соку, при цьому можуть вільно виходити назовні. Таке явище добре спостерігається у клітинах, які мають забарвлену протоплазму [5, 6, 12].

Мета роботи. Порівняти проникність живої і мертвої протоплазми клітин.

Матеріали: коренеплід столового буряка

Реактиви: 1М розчин KNO_3 , хлороформ, 30%-й розчин етанової (оцтової) кислоти, 50%-й розчин етилового спирту, дистильована вода.

Посуд та обладнання: мікроскопи, скальпелі, штатив з пробірками, сушильна шафа, спиртівки, пробіркотримачі, предметні і накривні скельця, пінцети, свердла.

Приготування реактивів:

1М р-н KNO_3

110 г KNO_3 розчинити в 1 л дистильованої води.

55 г KNO_3 розчинити в 0,5 л дистильованої води.

30 %-й р-н оцтової к-ти

15 мл льодяної оцтової к-ти розчинити в 0,5 л дистильованої води.

Р-н 50%-го етилового спирту

10 мл 96%-го етилового спирту розчинити в 9,1 мл дистильованої води.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті пробірки, висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття пробірки ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи.

1. З очищених коренеплодів столового буряка нарізають невеличкі шматочки (1-2 см завдовжки і 0,5 см завширшки), промивають їх водою доти, поки вода не стане прозорою.

2. Кладуть по шматочку відмитої тканини у п'ять пробірок.

3. У перші дві наливають по 10 мл водопровідної води. У третю пробірку – 10 мл 30%-го розчину оцтової кислоти, у четверту – 10 мл 50%-го розчину етилового спирту, а в п'яту – 10 мл води і 5-6 крапель хлороформу.

4. Перша пробірка є контролем, а другу пробірку з водою кип'ятять кілька хвилин. Після цього всі пробірки залишають на 30 хвилин.

5. Пробірки струшують і за інтенсивністю забарвлення визначають ступінь пошкодження тканини під дією того або іншого фактора.

6. Далі виймають шматочки коренеплоду з контрольної пробірки і пробірки, в якій найінтенсивніше забарвився розчин, і виготовляють з них тоненькі зрізи.

7. Виготовлені зрізи кладуть на предметне скло у краплину 1 М розчину KNO_3 , накривають скельцем і вивчають під мікроскопом. В живих клітинах спостерігатиметься явище плазмолізу, а в мертвих – ні.

8. Результати спостережень записують у таблицю:

№ пробірок	Варіанти досліду	Ступінь забарвлення р-ну
1.	Вода (контроль)	
2.	Вода кип'ячена	
3.	30%-й розчин оцтової кислоти	
4.	50%-й розчин етилового спирту	
5.	Вода з хлороформом	

9. Роблять рисунки побаченого у мікроскоп та записують відповідні висновки.

Контрольні запитання.

1. Чим зумовлюється напівпроникність живої цитоплазми?
2. Чому шматочки коренеплоду буряка забарвлюють воду при додаванні кислоти, спирту, хлороформу?
3. Яке значення має напівпроникність цитоплазми в живій клітині?

Лабораторне заняття № 5.

Тема: Поглинання води кореневою системою. Явище гутації.

Робота №1 Поглинання води кореневою системою

Основні відомості. На коренях рослин утворюється багато корневих волосків, які виконують функцію поглинання води з ґрунту. Вода рухається від кори до судин кореня і завдяки нагнітальній силі піднімається судинами вгору. Силу, що зумовлює однобічну течію води по судинах, яка не залежить від транспірації, називають корневим тиском, або нижнім кінцевим рушієм водяної течії.

Якщо навесні до розкриття бруньок зрізати або поранити стовбур рослини, то з пораненого місця витікатиме рідина (пасока). Явище витікання рідини з перерізаного стебла дістало назву «плачу» рослин. В основі цього явища лежить нагнітальна активність кореневої системи.

Кореневий тиск має велике значення особливо в той період, коли немає транспірації, і під час розкриття бруньок у деревних рослин навесні, коли ще дуже мала транспіраційна поверхня. «Плач» у рослин можна вивчати в кожній навчальній лабораторії [12].

Мета роботи.

Провести спостереження за дією кореневого тиску та «плачу» рослин.

Матеріали: взимку для дослідів беруть фуксію, пеларгонію, а влітку – соняшник, картоплю, гарбуз, огірок, проростки пшениці, ячменю, вівса

Реактиви: 2%-й розчин еозину

Посуд та обладнання: скляні й гумові трубочки, скальпелі, нитки, склянки з дірками у дні, фільтрувальний папір, вата, термостат, теплиця, прилад для демонстрації поглинання води кореневою системою, хімічний штатив.

Приготування реактивів:

2%-й розчин еозину

2 г еозину розчинити в 98 мл дистильованої води.

Приготування матеріалів:

За 6-7 діб перед заняттям (поглинання води кореневою системою), насіння різних рослин (квасоля, фуксія чи огірок) ставлять спочатку у термостат (22 °С), а потім до теплиці на вирощування до появи міцної кореневої системи та справжніх листків.

Хід роботи. Кореневий тиск і «плач» у рослин взимку вивчають у фуксії, а влітку – у картоплі, гарбуза, помідора, соняшника та ін. Краще вивчати рослини до настання фази цвітіння.

1. Вибрані для дослідів рослини зрізають на висоті 2-3 см від землі. На зрізаний пеньок натягують коротку гумову трубку такого діаметру, щоб вона щільно прилягала до пенька.

2. В трубку вставляють скляну трубочку, обв'язують нитками і наливають у трубочку трохи води та додають розчин еозину. Рівень води в нижній частині трубки позначають восковим олівцем. Після цього рослину добре поливають і стежать за рівнем води в трубці – спочатку він трохи спаде, а потім почне підніматися завдяки дії нагнітальної сили кореневої системи.

3. В природних умовах «плач» рослин можна вивчати при пораненні стовбурів берези, клену та інших рослин навесні до розпускання бруньок.

4. Роблять рисунки побаченого та записують відповідні висновки.

Робота №2 Явище гутації

Основні відомості. Крім «плачу» у рослин спостерігається ще й виділення води листками, яке дістало назву гутації. Гутацію в природі можна спостерігати в похмурі дні навесні, коли випаровування незначне, а надходження води в рослину достатнє. Гутація є результатом одnobічної течії

води крізь кореневі системи, яка відбувається при відсутності транспірації. Гутація відрізняється від «плачу» тим, що вона є нормальним фізіологічним явищем, не пов'язаним з пошкодженням рослини. Гутаційна крапля виступає крізь звичайні продири або крізь гідатоде – водянні продири. Фізіологічне значення гутації полягає насамперед в підтриманні у рослин рівноваги між поглинанням і випаровуванням води [5,12].

Мета роботи.

Провести спостереження за процесом гутації на молодих проростках злакових рослин.

Матеріали: проростки пшениці, ячменю, вівса

Реактиви: хлороформ,

Посуд та обладнання: склянки з дірками у дні, фільтрувальний папір, вата, термостат, теплиця.

Приготування матеріалів:

За 5-6 діб перед заняттям (для гутації), насіння ячменю, пшениці ставлять спочатку у термостат (22 °С) для набухання, а потім до теплиці на дорошування.

Хід роботи. Явище гутації в лабораторіях вивчають на молодих проростках злакових рослин, вирощених у темряві.

1. Перед заняттям ці проростки виймають з темного місця, добре поливають і накривають склянкою, щоб створити вологе середовище біля проростків.

2. Через 30-60 хв. після накривання на верхівках проростків з'являються краплини води, їх обережно знімають фільтрувальним папером через отвір в склянці.

3. Досить скоро краплинки з'являються знову. Їх теж знімають, і дослідні рослини вміщують в середовище, насичене парами хлороформу, для чого під склянку кладуть ватку, змочену хлороформом. В цих умовах гутація припиняється. Якщо ватку з хлороформом з-під склянки забрати, гутація

відновиться. Отже, хлороформ пригнічує діяльність кореневої системи, а вбирання води є активним фізіологічним процесом.

4. Роблять рисунки побаченого та записують відповідні висновки.

Контрольні запитання.

1. Що називають кореневим тиском?
2. Що таке «плач» рослин?
3. Чому вода з ґрунту надходить у корінь?
4. Як виміряти кореневий тиск у рослинах?
5. Що таке гутація і чим вона відрізняється від «плачу» рослин?
6. За яких умов спостерігається процес гутації?

Лабораторне заняття № 6.

Тема: *Визначення інтенсивності транспірації на торзійних терезах (за Л.А. Івановим).*

Основні відомості. Цей метод ґрунтується на швидкому зважуванні листка, коли за зменшенням його маси визначають кількість випарованої води.

Транспірація – випаровування води листками. Випаровування води, або транспірація, у рослин буває продиховою і кутикулярною. Завдяки транспірації, вода надходить у рослину і рухається по ній. Транспірація захищає рослину від перегрівання, сприяє нормальному перебігу процесу фотосинтезу.

Характеризують транспірацію такі показники: інтенсивність, продуктивність, коефіцієнт і відносність.

Кількість випарованої води з одиниці листкової поверхні за одиницю часу, називають інтенсивністю транспірації, яку виражають у $г/м^2 \cdot год$. Кількість утвореної сухої речовини на 1 кг випарованої води дістала назву продуктивності транспірації. Транспіраційний коефіцієнт показує, скільки води рослина витрачає на побудову одиниці сухої речовини. Відносною транспірацією називають відношення інтенсивності транспірації з одиниці площі листка до інтенсивності випаровування з такої самої площі вільної водної поверхні за одиницю часу [5, 12].

Мета роботи. Навчитися користуватися торзійними терезами, визначити інтенсивність транспірації.

Матеріали: дослідні рослини (кімнатні).

Посуд та обладнання: торзійні терези, пінцети, міліметровий папір.

Хід роботи.

1. Торзійні терези встановлюють горизонтально. Перевіряють нульове положення і зважують зрізаний листок (масою не більше, як 0,5 г) з точністю до 1 мг.

2. Масу записують і через 15 хв. зважування повторюють. Різниця між першим і другим зважуванням становитиме величину випаруваної листком води за цей проміжок часу.

3. Інтенсивність транспірації обчислюють за формулою:

$$I_T = \frac{n \cdot 60 \cdot 10000}{s \cdot t},$$

де I_0 – інтенсивність транспірації, г/м² за годину,

n - кількість води, випаруваної листком за час дослідів, г,

s - площа листка, см²,

t - тривалість дослідів, хв.,

60 – коефіцієнт перерахунку хвилин в години,

10000 – коефіцієнт перерахунку, см²/м².

4. Листки рослини накладають на міліметровий папір, обводять олівцем, вирізають по контуру і зважують на торсійних терезах. Одночасно вирізають з цього самого паперу квадрат площею 100 см² і також зважують.

5. Знаходять площу листка за пропорцією:

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{s},$$

де

a – маса квадрату паперу в 100 см², г,

b – маса контуру листка паперу, г,

c – площа квадрата, см²,

s – площа листка, см².

6. Результати дослідів записують за такою схемою:

Об'єкт	Тривалість дослідів, хв.	Маса, г		Площа, см ²	Інтенсивність транспірації, г/м ² за годину
		на початку	в кінці		

7. Роблять та записують відповідні висновки.

Контрольні запитання:

1. Що таке транспірація і яке вона має значення в житті рослин?
2. Чим відрізняється транспірація від випаровування з вільної водної поверхні?
3. Що таке відносна транспірація і яких величин вона досягає?
4. Що розуміють під транспіраційним коефіцієнтом?
5. Що таке продуктивність транспірації?

Лабораторна робота № 7.

Тема: *Визначення транспірації верхньої і нижньої сторін листка за допомогою хлоркобальтового паперу (за Шталем).*

Основні відомості. Метод порівняльного визначення транспірації верхньої і нижньої сторін листка за допомогою хлоркобальтового паперу ґрунтується на здатності фільтрувального паперу, змоченого 5%-м розчином кобальт хлориду (CoCl_2), при поглинанні ним води, випаруваної листковою пластинкою, змінювати колір. За часом, який необхідний для переходу забарвлення хлоркобальтового паперу від блакитного до рожевого ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), роблять висновок про інтенсивність транспірації верхньої і нижньої сторін листкової пластинки [12].

Мета роботи. Порівняти інтенсивність транспірації верхньої і нижньої сторін листкової пластинки.

Матеріали: дослідні рослини(кімнатні).

Реактиви: дистильована вода, 5%-й розчин CoCl_2 .

Посуд та обладнання: предметні і накривні скельця, хімічна склянка, пінцети, спиртівки, електроплитка, скляні пластинки, скляні банки, гумові кільця, мірний циліндр, фільтрувальний папір.

Приготування реактивів:

5%-й р-н CoCl_2

5 г CoCl_2 розчинити в 95 мл дистильованої води.

Даний розчин має бути обов'язково свіжо приготовленим.

Приготування хлоркобальтового паперу:

За 1 добу до заняття, після приготування 5%-й розчину CoCl_2 , виготовляють хлоркобальтовий папір. Для цього шматки фільтрувального паперу змочують у розчині та висушують над електроплиткою, не торкаючись руками. На занятті студенти навчаються виготовляти папір, а для досліду використовують вже готовий (виготовлений лаборантом).

Хід роботи.

1. Для визначення транспірації, пінцетом беруть квадратик (2 см х 2 см) блакитного хлоркобальтового паперу, швидко прикладають до поверхні листка, ще один кладуть з іншої сторони листка; на них зверху кладуть скляні пластинки, які скріплюють гумовими кілочками.

2. Далі спостерігають. Визначають скільки хвилин необхідно, щоб хлоркобальтовий папір став рожевим з верхньої і нижньої сторін листка.

3. За часом зміни кольору, виявляють з якої сторони листка інтенсивність транспірації більша.

4. Роблять та записують відповідні висновки.

Контрольні запитання.

1. На чому ґрунтується хлоркобальтовий метод визначення транспірації?

2. Квадрат голубого хлоркобальтового паперу, прикладений до верхньої сторони листка бегонії, став рожевим за 20 хв., до нижнього – за 5 хв. Про що це свідчить?

3. Хлоркобальтовий папір, прикладений до верхньої і нижньої сторін листка пшениці, став рожевий за 5 хв. Поясніть це явище.

Змістовий модуль 2

Фотосинтез. Мінеральне живлення рослин.

Фотосинтез – це унікальний на Землі процес утворення зеленими рослинами органічних речовин із вуглекислого газу і води шляхом використання поглинутої фотосинтетичними пігментами світлової енергії, яка трансформується в енергію хімічних зв'язків. Під час фотосинтезу відбуваються фотофізичні, фотохімічні реакції, характер, інтенсивність і направленість яких залежить від спадкових властивостей рослин та умов їх зростання.

Цей багатоступеневий процес слід досліджувати на різних рівнях інтеграції рослинного організму (молекулярному, надмолекулярних комплексів, субклітинному, клітинному, органному і рівні організму) [6].

Важливе для розуміння механізму фотосинтезу має пізнання особливостей пігментних систем хлоропластів. Тому розділ «Фотосинтез» починається з занять, які насамперед розкривають хімічні та фізичні властивості хлорофілів і каротиноїдів. Наступні роботи знайомлять студентів з методами виділення пігментів з фотосинтезуючих тканин та методами по визначенню інтенсивності фотосинтезу за накопиченням органічних сполук в тканинах на одиницю фотосинтезуючої площі за одиницю часу.

Фотосинтетичноактивні пігменти. До них належать хлорофіли, фікобіліни та каротиноїди. У еукаріотів фотосинтетичні пігменти локалізовані в хлоропластах, де вони зв'язані з ліпопротеїдним комплексом тилакоїдних мембран. Тому вони не екстрагуються з фотосинтезуючих тканин неполярними розчинниками (бензолом, петролейним ефіром тощо), в яких кристалічні пігменти добре розчинні. Для екстракції їх з рослинного матеріалу використовують полярні розчинники – етиловий спирт і ацетон, які денатурують білки і руйнують хромопротеїновий комплекс.

З хлоропластів вищих рослин виділено різні спектральні форми хлорофілу а, хлорофілу b, каротин і ксантофіли.

Хлорофіли за своєю хімічною природою є Mg-порфіринами. Порфіринове ядро складається з чотирьох пірольних кілець, що зв'язані між собою метиновими місточками. До кільця III прилягає циклопентанове з карбонільною групою. В центрі молекули міститься атом Mg, який зв'язується з азотом пірольних кілець. IV пірольне кільце на відміну від інших гідроване. Порфіринове кільце характеризується спряженими по колу подвійними зв'язками, які включають багато делокалізованих π -електронів, за допомогою яких відбувається поглинання світла пігментами. До складу молекули входять залишки метилового спирту та фітолу. Останній надає хлорофілу гідрофобних властивостей. За допомогою фітольного залишку молекули хлорофілу взаємодіють з ліпідами й гідрофобними групами білків. Хлорофіл інтенсивно поглинає червоні й синьо-фіолетові промені, слабо поглинає оранжеве і жовте світло, і зовсім не поглинає зелені і інфрачервоні промені.

Каротиноїди належать до тетратерпенів. Молекула каротинів гідрофобна і добре розчинна в ліпофільних розчинниках. Мають жовто-оранжеве забарвлення.

Ксантофіли на відміну від каротинів є більш спорідненими до води, мають світложовте забарвлення. Максимум поглинання світлової енергії знаходиться в синьо-фіолетовій частині спектра [6].

Мінеральне живлення рослин. Мінеральні речовини входять до складу протоплазми всіх живих істот. При аналізі складу рослинного організму можна виявити майже всі елементи, що зустрічаються в природі. Крім вуглецю, кисню, водню і азоту, що обов'язково входять до складу всіх живих організмів, у рослин найчастіше зустрічаються в значних кількостях такі елементи: P, Si, K, Ca, S, Mg, Fe, Na, Cl, Al.

Зараз встановлено, що для нормальної життєдіяльності і продуктивності особливе значення мають, крім вище зазначених, ще й так звані мікроелементи: бор, цинк, мідь, марганець, молібден та інше, які потрібні рослинам у незначних кількостях.

Основну масу мінеральних речовин рослини засвоюють з ґрунту. Як правило, мінеральні речовини в ґрунті перебувають у формі різних сполук, але інколи вони знаходяться в таких сполуках, з яких рослина не може засвоїти той чи інший елемент. Велику роль у поглинанні елементів живлення відіграють кореневі виділення, які розчиняють важкодоступні мінеральні речовини. І взагалі морфолого-анатомічна будова кореня пристосована до поглинання води і поживних речовин із ґрунту. Проте в цьому процесі бере участь тільки та частина кореня, яка має кореневі волоски і називається зоною поглинання. Коренева система здатна адсорбувати, поглинати і асимілювати елементи мінерального живлення, а також передавати продукти своєї життєдіяльності через провідну частину до надземних органів [6, 13].

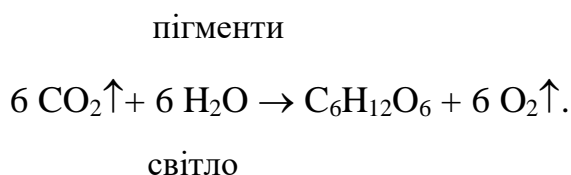
Лабораторне заняття № 8.

Тема: Методи виділення пластидних пігментів з листків.

Розподіл пігментів адсорбційним хроматографічним методом

Робота №1 Методи виділення пластидних пігментів з листків.

Основні відомості. Фотосинтез – процес утворення органічних речовин із діоксиду вуглецю і води з використанням енергії світла:



Щоб детально вивчити хімічні і фізичні властивості пігментів, їх вилучають із зелених тканин рослин і відокремлюють один від одного. Пігменти зелених листків не розчинні у воді, але добре розчиняються в ліпоїдних розчинниках. Їх можна екстрагувати із свіжого і фіксованого матеріалу. Вибираючи розчинники, слід враховувати розчинність самих пігментів. Залежно від хімічного складу, розрізняють полярні (спирти, ацетон) і неполярні (бензин, петролейний ефір, гексан та ін.) розчинники.

Зелені і жовті є ліпофільними сполуками, а тому добре розчиняються у всіх розчинниках: спирті, ацетоні, бензині, ефірі, петролейному ефірі тощо. Найкраще зелені пігменти екстрагуються з листків полярними розчинниками або сумішшю полярних і неполярних розчинників. У навчальних лабораторіях найчастіше пігменти з листків вилучають спиртом або ацетоном. Пігменти доцільно вилучати з листків різних екологічних груп рослин, різних ярусів рослини тощо [5].

Мета роботи.

Навчитися екстрагувати суміш пігментів зі свіжих та сухих зелених листків рослин.

Матеріали: листки кімнатних або дикорослих рослин, гербарій

Реактиви: 96% етиловий спирт, чистий кварцовий пісок, вазелін.

Посуд та обладнання: фарфорові ступки, ножиці, лійки, фільтрувальний папір, штатив з пробірками, фільтрувальний папір, хімічні склянки, чашки Петрі, ножиці, водяна баня.

Приготування матеріалів:

Для роботи добирається та заготовляється свіжі листки кімнатних або дикорослих рослин, гербарій.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті пробірки, хімічні склянки, чашки Петрі та лійки, висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття пробірки та інший посуд ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи. Для екстракції пігментів листка можна використати такі способи:

A) Зі свіжих листків рослин

1. Свіже листя нарізають ножицями (забирають середню жилку і черешок) і кладуть у ступку.

2. До подрібненої маси додають трохи чистого кварцового піску і 5-10 мл 95%-го етилового спирту. Суміш старанно розтирають до утворення однорідної маси, поступово доливаючи етиловий спирт (10-15 мл). Розтирають, доки етиловий спирт не забарвиться в інтенсивний зелений колір.

3. Носик ступки з зовнішнього боку змазують вазеліном і отриману масу відфільтровують через складчастий фільтр у суху чисту пробірку.

Інший спосіб виділення пігментів зі свіжих листків рослин полягає в тому, що свіжонарізане листя рослини кладуть у банку з 96% етиловим спиртом, щільно закривають пробкою і дають настоятися (12-24 години) і потім одержаний екстракт профільтровують в чисту посудину.

Б) Зі сухих листків рослин

1. Для екстракції хлорофілу з сухого матеріалу беруть сухі листки, розтирають їх у фарфоровій ступці в порошок, видаливши всі жилки.

2. До порошку доливають 25 мл 96% етилового спирту, знову розтирають.

3. Розтерту масу відфільтровують через складчастий фільтр у суху чисту пробірку.

Крім того, пігменти з листків можна добути і при кип'ятінні.

1. Для цього, свіже або сухе листя опускають у киплячу воду на 1-2 хвилини.

2. Після того, як листки будуть зруйновані, переносять їх у пробірку з 96% етиловим спиртом (10-15 мл).

3. Пробірку ставлять на водяну баню і тримають на нагрітій водяній бані, доки спирт не забарвиться в зелений колір, а шматочки листку не знебарвляться.

4. Екстракт переливають у сухий чистий посуд.

По завершенню даної роботи роблять та записують відповідні висновки.

Робота №2 Розподіл пігментів адсорбційним хроматографічним методом.

Основні відомості. Вперше швидкий метод розподілу окремих компонентів із суміші фотосинтезуючих пігментів запропонував у 1904 р. М.С. Цвет шляхом адсорбційної хроматографії на колонках. Адсорбційна хроматографія ґрунтується на властивості речовин, які зазнають розподілу, вибірково адсорбуватися з розчинника на твердому порошкоподібному адсорбенті. Вона в свою чергу поділяється на молекулярну та іонообмінну. Для розподілу досліджувану суміш пропускають крізь колонку, наповнену адсорбентом (сахарозою, кальцій карбонатом, клітковиною крохмалю,

силікагелем та ін.). Компоненти суміші адсорбуються на матеріалі колонки під дією молекулярних сил. Для кожного компоненту суміші ці сили неоднакові, тому, коли суміш пропускають крізь шар сорбенту, різні її компоненти розташовуються в колонці сорбенту у вигляді окремих зон з різним забарвленням. Отже, всі компоненти досліджуваної суміші залежно від відносної адсорбційної спорідненості до сорбенту утворюватимуть певний адсорбційний ряд [5, 12].

Мета роботи.

Ознайомитися з адсорбційним хроматографічним методом розподілу компонентів із суміші пігментів

Матеріали: листки кімнатних або дикорослих рослин, гербарій

Реактиви: 96% етиловий спирт, чистий кварцовий пісок, вазелін.

Посуд та обладнання: фарфорові ступки, ножиці, лійки, фільтрувальний папір, штатив з пробірками, фільтрувальний папір, хімічні склянки, чашки Петрі, ножиці

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті пробірки чи хімічні склянки, висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття пробірки ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи. Цей метод розділення пігментів заснований на різних ступенях поглинання пігментів адсорбуючими речовинами. Такою речовиною може служити фільтрувальний папір.

1. В хімічну склянку приблизно на висоту 10 мм наливають спиртовий екстракт суміші пігментів, добутий різними способами у попередній роботі.

2. В нього занурюють смужку фільтрувального паперу (10 мм завширшки та завдовжки 100 мм) та спостерігають. Зелені пігменти адсорбуються сильніше, тому на папері з'являються спочатку зелена смужка хлорофілу, потім вище за них – жовта (каротину і ксантофілу), і нарешті – найвища смуга – безколірна від чистого спирту.

Крім того, після підсихання складчастого фільтру, що використовувався в попередній роботі, можна теж спостерігати розподіл пігментів. Якщо ж на ньому важко розібрати розподіл пігментів, можна виготовити іншу хроматографу.

1. Для цього, на кружку фільтрувального паперу роблять поряд два надрізи до центру.

2. Смужка відгинається і занурюється в спиртовий розчин пігментів, налитий у чашку Петрі.

3. Спостерігають, як адсорбція пігментів фільтрувальним папером дає кольорові концентричні кола – хроматограму пігментів листка.

По завершенню даної роботи роблять та записують відповідні висновки.

Контрольні запитання.

1. Які пігменти містяться в хлоропластах зелених рослин?
2. Як вилучити пігменти з листка?
3. В якому стані знаходяться пігменти в розчині і в листку?
4. Чому у багатьох рослин верхній бік листків більш зелений, ніж нижній?
5. На які групи поділяють пігменти зеленого листка?
6. На чому ґрунтується адсорбційний метод розподілу пігментів?
7. Хто є автором методу розподілу пігментів адсорбційним хроматографічним методом?
8. В якій послідовності проходить розподіл пігментів на фільтрувальному папері?

Лабораторне заняття № 9.

Тема: Хімічні властивості хлорофілів

Робота №1 Розподіл пігментів за Краусом. Омилення хлорофілу лугом.

Основні відомості. Метод розподілу зелених і жовтих пігментів за Г. Краусом ґрунтується на різній розчинності їх в етиловому спирті і бензині. Ці розчинники при зливанні не змішуються і утворюють дві фази: верхню (бензинову) і нижню (спиртову). Завдяки цьому відбувається розподіл компонентів суміші.

При обробці лугом ефірні зв'язки омилюються, в результаті чого від його молекули відщеплюється спирт фітол і метанол. Другий продукт, який утворюється під час реакції, лужна сіль хлорофілінової кислоти, зберігає зелене забарвлення і оптичні властивості хлорофілу [5, 12].

Мета роботи. Дослідити особливості екстракції з зелених фотосинтезуючих тканин рослин зелених та жовтих пігментів, які характеризуються різними фізичними і хімічними властивостями, в тому числі розчинністю у водних полярних і безводних неполярних розчинниках. Крім того, метою досліду є ознайомлення з реакцією одержання продуктів омилення хлорофілів.

Матеріали: листки кімнатних або дикорослих рослин

Реактиви: 96% етиловий спирт, чистий кварцовий пісок, вазелін, рафінований бензин, 20%-й розчин NaOH, дистильована вода.

Посуд та обладнання: фарфорові ступки, ножиці, лійки, фільтрувальний папір, штатив з пробірками, фільтрувальний папір, хімічні склянки, чашки Петрі, ножиці, гумові пробки.

Приготування реактивів:

20%-й р-н NaOH

20 г NaOH розчинити в 80 мл дистильованої води.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті пробірки, хімічні склянки, чашки Петрі, лійки висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття пробірки та інший посуд ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи.

1. В пробірку наливають 3 мл свіжо добутого концентрованого екстракту пігментів з листків різних рослин (див. попереднє заняття №8).

2. Доливають в неї 6 мл рафінованого бензину і 2-3 краплини води.

3. Пробірку закривають пробкою і добре збовтують її вміст. Спостерігають розшарування розчину на зелений (верхній) і жовтий (нижній) шари. У верхньому бензиновому шарі розчинені хлорофіли і каротин (сильно гідрофобні речовини), в нижньому водно-спиртовому – ксантофіл.

4. Щоб виявити каротин, у пробірку додають 15 краплин 20%-го розчину NaOH і сильно збовтують її вміст.

5. Спостерігають перерозподіл забарвлених шарів внаслідок утворення солі хлорофілінової кислоти (реакції омилення хлорофілу). Жовте забарвлення верхнього шару в пробірці зумовлене каротином. Солі хлорофілінової кислоти, як і хлорофіл, зелені, але характеризуються гідрофільністю і тому перерозподіляються в нижній водно-спиртовий шар.

6. По завершенню даної роботи роблять та записують відповідні висновки.

Робота №2 Утворення феофітину і відновлення металоорганічного зв'язку.

Основні відомості. Хлорофіл характеризується лабільністю і легко взаємодіє з іншими речовинами. За хімічною природою хлорофіл – складний ефір дикарбонової кислоти хлорофіліна і двох спиртів – метанолу CH_3OH і

фітолу $C_{20}H_{39}OH$. Хлорофілін в свою чергу складається з порфіринового ядра, яке має чотири, сполучені між собою метиновими ($=CH-$) містками, пірольних кільця. В центрі порфіринового ядра знаходиться атом магнію, з'єднаний з атомами азоту пірольних кілець. Під дією кислот з молекули хлорофілу витісняється магній і утворюється бурого кольору феофітин. У природних умовах побуріння раніше строку зелених рослин свідчить про утворення в клітинах феофітину під впливом тих або інших стресових умов (висока температура, проморожування тканин). Разом з тим ця сполука утворюється і в процесі фотосинтезу [5, 6, 12].

Мета роботи. Одержати феофітин з витяжки хлорофілу за допомогою хлоридної кислоти, а також пересвідчитися, що зміна кольору екстракту залежить від наявності в молекулі металу.

Матеріали: листки кімнатних або дикорослих рослин

Реактиви: 96% етиловий спирт, чистий кварцовий пісок, вазелін, 20%-й розчин хлоридної кислоти в крапельниці, сіль цинк ацетату чи сіль купрум ацетату, дистильована вода.

Посуд та обладнання: фарфорові ступки, ножиці, лійки, фільтрувальний папір, штатив з пробірками, фільтрувальний папір, хімічні склянки, чашки Петрі, ножиці, гумові пробки, пробіркотримачі, спиртівки.

Приготування реактивів:

20%-й р-н HCl

20 мл HCl розчинити в 16,5 мл дистильованої води.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті пробірки, чашки Петрі, лійки висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття пробірки та інший посуд ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи.

1. В три пробірки наливають по 3 мл свіжодобутого спиртового екстракту пігментів ((див. попереднє заняття №8).

2. В дві з них додають 2-3 краплі 20%-го розчину хлоридної кислоти і злегка збовтують. Під дією кислоти зелене забарвлення зникає і витяжка набуває оливково-бурого кольору – утворюється сполука, яка дістала назву феофітин.

3. Далі одну з пробірок з феофітином залишають як контроль, а в другу вносять трохи (на кінці скальпеля) солі цинк ацетату або купрум ацетату.

4. Пробірку нагрівають на спиртівці до кипіння. При цьому оливково-буре забарвлення зникає і знову з'являється зелене в результаті відновлення металоорганічного зв'язку і утворення металозаміщеного хлорофілу.

5. В протоколі роботи зарисовують пробірки з феофітином і цинкпохідним (або купрумпохідним) хлорофілом та роблять висновки про те, що зелене забарвлення хлорофілу зумовлене наявністю в його молекулі металоорганічного зв'язку.

Контрольні запитання.

1. Чим зумовлена гідрофобність молекули хлорофілу?
2. Які зміни в структурі молекули хлорофілу відбуваються при її омиленні ?
3. Чим хлорофілінова кислота відрізняється від її солей ?
4. Чим каротини відрізняються від ксантофілів ?
5. Чим зумовлене зелене забарвлення хлорофілу?
6. Що таке феофітин?
7. Як відновити зелене забарвлення витяжки після дії на неї соляної кислоти?

Лабораторне заняття № 10.

Тема: Утворення первинного крохмалю у фотосинтезуючому листку.

Основні відомості. В процесі фотосинтезу утворюються різні органічні сполуки, які рослини використовують для процесів життєдіяльності. Близько 30-50% їх відкладаються в фотосинтезуючих органах у вигляді крохмалю. Це наочно може бути проілюстровано так званою пробою Сакса. Крохмаль, який синтезується в хлоропластах у процесі фотосинтезу, називають первинним, на відміну від того, що відкладається в запасуючих органах [6, 12].

Мета роботи. Дослідити, що в процесі фотосинтезу синтезуються складні вуглеводи, які відкладаються в листках у вигляді крохмальних зерен.

Матеріали: Листки пеларгонії, традесканції, герані, примули або інших кімнатних рослин з ніжними листками, які перед дослідом протягом п'яти діб витримують в темряві;

Реактиви: 96% етиловий спирт, 1%-й розчин йоду в КІ, дистильована вода.

Посуд та обладнання: спиртівки, пінцети, препарувальні голки, скляні палички, темний світлонепроникний папір, канцелярські скріпки або булавки, порцелянові чашки, чашки Петрі, водяна баня, електроплитка.

Приготування реактивів:

Р-н I₂ в КІ.

2 г КІ розчинити в 5 мл дистильованої води і додати 1 г I₂ крист. Після розчинення додати 295 мл дистильованої води. Зберігати в темній банці.

Приготування матеріалів:

За 6-7 діб перед заняттям, лаборант закриває листки пеларгонії, традесканції, герані темним світлонепроникним папером. Листки студентам для дослідів видаються безпосередньо перед заняттям.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті пробірки, чашки Петрі, висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття пробірки ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи.

1. На листки рослин, витриманих у темряві протягом кількох діб, наколюють різні фігури, вирізані з темного світлонепроникного паперу. Рослини виставляють на яскраве сонце або освітлюють потужними лампами протягом 1-2 год.

2. По закінченні експозиції фігурки знімають, листки зрізують і кип'ятять у воді 1-2 хв.

3. Потім зливають воду і наливають спирт у пробірки та настоюють на водяній бані до повного знебарвлення від пігментів.

4. Знебарвлені листки переносять в чашки Петрі з водою для охолодження, потім воду зливають і розправлене на чашці листя обробляють розчином йоду в КІ.

5. Спостерігають, що на місцях, де були фігури, знаходяться світлі місця, а навколо них – темний фон внаслідок синтезованого в процесі фотосинтезу крохмалю. Це пояснюється тим, що крохмаль з йодом дає синє забарвлення.

6. По завершенню даної роботи роблять та записують відповідні висновки, зарисовують.

Контрольні запитання.

1. Які процеси відбуваються в листках, коли рослини перед дослідом витримують в темряві?

2. Чому підчас фотосинтезу в листках відкладається первинний крохмаль? Яке це має значення для процесу фотосинтезу?

3. Назвіть первинні продукти фотосинтезу. Опишіть, з яких сполук синтезується крохмаль і які ферменти беруть участь.

4. Як називають цикл, в якому відбувається відновлення CO_2 до моносахаридів? З чого синтезується глюкоза, потрібна для синтезу крохмалю?

Лабораторне заняття № 11.

Тема: Мікрохімічний аналіз золи.

Основні відомості. У рослинних організмах містяться майже всі хімічні елементи, що зустрічаються в природі. За останні роки в рослинах знайдено більш як 76 елементів таблиці Д.І. Менделєєва. 11 з них – Карбон, Оксиген, Гідроген, Нітроген, Сульфур, Фосфор, Калій, Кальцій, Натрій, Магній, Сіліцій – складають 99,95% тіла рослин і дістали назву макроелементів. Решта 0,05% елементів відома під назвою мікро- і ультрамікроелементів.

Мінеральні елементи є складовою частиною різних органічних сполук і беруть участь у процесах обміну речовин. Зола, отримана при спалюванні рослин, містить вказані елементи.

Для вивчення хімічного складу золи рослин у навчальних лабораторіях і біологічних кабінетах шкіл широкого застосування набув мікрохімічний метод виявлення зольних елементів. Наявність хімічних елементів у золі рослин визначають за допомогою якісних реакцій, в результаті яких утворюються характерні для даних сполук кристали або розчин набуває певного кольору. З цією метою озольюють рослинний матеріал і роблять з нього водну та хлориднокіслу витяжки золи рослин, оскільки одні мінеральні речовини розчинні у воді, а інші – в кислоті.

За допомогою цього методу можна виявити цілий ряд хімічних елементів. У роботі описано методику виявлення в золі рослин Калію, Кальцію, Фосфору, Магнію, Сульфур, Хлору, Феруму тощо [5, 6].

Мета роботи. Ознайомитися з мікрохімічними (крапельними) методами аналізу елементів та вивчити якісний склад золи рослин.

Матеріали: зола рослин (листіків, деревини)

Реактиви: дистильована вода, 10%-й розчин хлоридної кислоти, 1%-й розчин сульфатної кислоти, 1%-й розчин оксалатної кислоти, 10%-й розчин амоніаку, 1%-й розчин динатрій гідрогенфосфату (Na_2HPO_4), 1%-й розчин

амоній молібдату ((NH₄)₂MoO₄) в 15%-ій нітратній кислоті, 1%-й розчин жовтої кров'яної солі (K₄[Fe(CN)₆]), 1%-й розчин натрій гексанітрокобальтату (Na₃[Co(NO₂)₆]), 1%-й розчин аргентум нітрату (AgNO₃) 1%-й розчин плюмбум ацетату (Pb(CH₃COO)₂).

Посуд та обладнання. Мікроскопи, предметні і накривні скельця, спиртівки, пробіркотримачі, штативи з пробірками, лійки, скляні палички, фільтрувальний папір,.

Приготування реактивів:

Витяжка золи рослин у H₂O

Невелика кількість золи (1мл³) залити водою у 4-х кратному розмірі, дати постояти 15-20 хв та профільтрувати через складчастий фільтр.

Витяжка золи рослин у HCl

Невелика кількість золи (1мл³) залити 10%-м р-ном HCl у 4-х кратному розмірі, дати постояти 15-20 хв та профільтрувати через складчастий фільтр.

1% р-н Na₂HPO₄

1 г солі Na₂HPO₄ розчинити в 99 мл дистильованої води.

1%-й р-н K₄[Fe(CN)₆]

1 г солі K₄[Fe(CN)₆] розчинити в 99 мл дистильованої води.

1% р-н AgNO₃

1 г солі AgNO₃ розчинити в 99 мл дистильованої води.

1%р-н Pb(CH₃COO)₂

1 г солі Pb(CH₃COO)₂ розчинити в 99 мл дистильованої води.

10%-й р-н HCl

10 мл HCl конц. розбавити 90 мл дистильованої води.

1%-й р-н H₂SO₄

1 мл H₂SO₄ конц. розбавити 99 мл дистильованої води.

10%-й р-н NH₃

10 мл NH₃ конц. розбавити 90 мл дистильованої води.

1%-й р-н молібдату амонію в 15%-му р-ні HNO₃

І розчин: 1 г солі (NH₄)₂MoO₄ розчинити в 99 мл дистильованої води.

П розчин: 15 мл HNO_3 розчинити в 85 мл дистильованої води.

1%-й розчин оксалатної кислоти ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)

1 г оксалатної кислоти розчинити в 99 мл дистильованої води.

1%-й розчин натрій гексанітрокобальтату $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$.

1 г солі $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ розчинити в 99 мл дистильованої води.

Всі розчини мають бути обов'язково свіжо приготовленими.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті пробірки, предметні скельця, висушені у сушильній шафі, оскільки проводяться мікрохімічні якісні реакції. Тому за 2 доби до заняття пробірки та інший посуд ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи.

1. Роблять водну (1 cm^3 золи на 10 мл дистильованої води) та хлоридноокислу витяжки (1 cm^3 золи заливають 10 мл 10%-го розчину хлоридної кислоти). Ці суміші розмішують, дають їм постояти 15-20 хв і відфільтровують у чистий сухий посуд через паперовий складчатий фільтр.

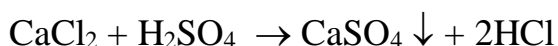
2. Усі реакції проводять на предметному склі, крім реакції з гексанітрокобальтатом натрію – її проводять у пробірці. На предметне скельце наносять краплину розчину золи, біля якої на відстані 2-3 мм наносять краплину реактиву та з'єднують обидві краплі чистим кінцем скляної палички. Внаслідок взаємодії між розчинами, на місці їх злиття відбувається кристалізація продуктів реакції. Препарат злегка підсушують над полум'ям спиртівки (не пересушуючи) і розглядають під мікроскопом (без покривного скельця).

Однак слід пам'ятати, що тільки при повільній кристалізації утворюються великі, правильно сформовані кристали. Слід також уникати повного перемішування краплин, бо в результаті відбудеться швидка кристалізація – випадуть дуже дрібні кристали, які у відносно великому об'ємі краплин будуть майже непомітні.

Скляні палички, мікропіпетки після нанесення реактиву влід вимити дистильованою водою і витерти фільтрувальним папером, щоб його залишки не заважали наступній реакції.

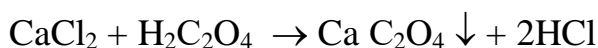
Виявлення Кальцію.

а) На предметне скло наносять краплину хлориднокислої витяжки золи і краплину 1%-ного розчину сульфатної кислоти, краплі з'єднують і підсушують. На місці злиття відбувається реакція:



В результаті реакції утворюються кристали гіпсу голкоподібної форми, що можуть нагадувати сніжинки.

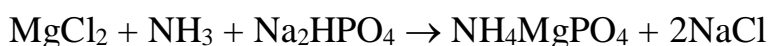
б) На предметне скло наносять краплину водної витяжки золи і краплину 1%-ного розчину оксалатної кислоти, краплі з'єднують і підсушують. На місці злиття відбувається реакція:



В результаті утворюються кристали кальцій оксалату кубоподібної форми.

Виявлення Магнію.

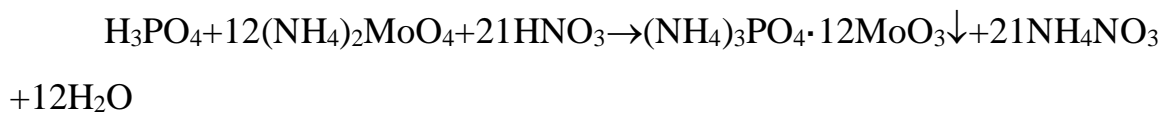
Краплю хлориднокислого розчину золи на предметному склі нейтралізують розчином амоніаку, а потім з'єднують з краплиною 1%-го розчину динатрій гідрогенфосфату. Реакція відбувається за таким рівнянням:



При повільній кристалізації утворюються кристали фосфорноаміачномагнієвої солі у вигляді сніжинок, квадратів, зірок.

Виявлення Фосфору.

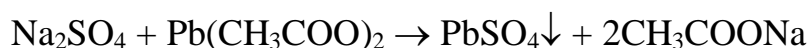
Наявність фосфору визначають за утворенням жовто-зеленого осаду дрібних кристалів амоній фосфомолібдату при з'єднанні краплі витяжки золи з краплею 1%-го розчину амоній молібдату в 15% нітратній кислоті. Реакція відбувається за таким рівнянням:



Кристали амоній фосфомолібдату під мікроскопом мають форму кульок, ромбиків, ящиків.

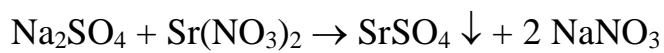
Виявлення Сульфуру.

а) Сульфур в розчині золи виявляють осаджуванням його 1%-м розчином плюмбум ацетату $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$. Реакція відбувається за таким рівнянням:



При цьому утворюються кристали плюмбум сульфату, що мають вигляд довгих голок, зірок, ромбиків.

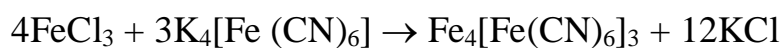
б) Сульфур можна виявити також дією 1%-го розчину стронцій нітрату. При цьому випадає осад дрібних кристалів стронцій сульфату. Реакція відбувається за таким рівнянням:



Кристали під мікроскопом мають форму кульок, овалів.

Виявлення Феруму.

Для виявлення в золі Феруму у білу фарфорову чашечку, пробірку або на предметне скло, під яке підстеляють білий папір, наносять 2-3 краплі витяжки золи і кілька крапель 1%-го розчину жовтої кров'яної солі, скляною паличкою з'єднують між собою обидва розчини. Реакція відбувається за таким рівнянням:



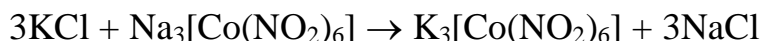
Наявність феруму визначають за утворенням яскраво-синього забарвлення у місці сполучення.

Виявлення Калію.

Цей елемент можна виявити як у водному, так і в хлоридно-кислому розчині золи дією 1%-го розчину натрій гексанітрокобальтату. У пробірку з

1-2 мл розчину золи додають рівний об'єм натрій гексанітрокобальтату.

Реакція відбувається за таким рівнянням:

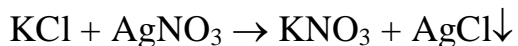


На наявність калію у розчині вказує зміна кольору реагентів: жовтогарячий колір прозорого розчину натрій гексанітрокобальтату змінюється на канарково-жовтий мутний – калій гексанітрокобальтату.

Виявлення Хлору.

У водному розчині золи рослин можна виявити присутність хлору, який у рослинах знаходиться, здебільшого, у вигляді хлоридів. Краплину золи на предметному скельці сполучають з краплиною аргентум нітрату.

Реакція відбувається за таким рівнянням:



При наявності хлору відмічають появу білого осаду аргентум хлориду.

3. По завершенню даної роботи роблять та записують відповідні висновки, зарисовують.

Контрольні запитання.

1. Чому різні органи рослин містять різну кількість золи?
2. Які фактори впливають на зміну якісного і кількісного складу золи?
3. Чи впливає вік рослин на кількісний і якісний склад золи ?
4. Чому для добування витяжки зольних елементів використовують соляну, а не іншу кислоту?
5. Як можна виявити калій, кальцій, магній, фосфор, залізо, хлор в золі?

Лабораторне заняття № 12.

Тема: Методи визначення нітратів у рослинах (якісний та кількісний).

*Робота №1 Спрощений метод визначення нітратів у рослинах
(якісний).*

Основні відомості. Нітроген є у всіх органах рослин. Він є компонентом білкових речовин, нуклеїнових кислот, ліпоїдів, хлорофілу, АТФ та інших важливих органічних сполук. У рослину він надходить переважно у вигляді аміачних і нітратних сполук. Основна маса поглинутого кореневою системою Нітрогену з нітратів відновлюється в живих клітинах до амоніаку, який, зв'язуючись з кетокислотами, утворює амінокислоти, що використовуються на побудову білків тіла рослин. Частина нітратних сполук, поглинута коренем, проходить крізь паренхіму кореня незміненому вигляді. Нітрати потрапляють в судини ксилеми і піднімаються з висхідним током до листкових пластинок. Там відбувається процес фотохімічного відновлення нітратів до утворення амоніаку [5, 6, 12].

Мета роботи. Провести порівняльне визначення вмісту нітратів в різних органах рослин.

Матеріали: дослідні об'єкти (картопля, капуста, яблуко, помідор, редис, огірок тощо)

Реактиви: розчин дифеніламіну в концентрованій сульфатній кислоті

Посуд та обладнання: фарфорові чашки або Чашки Петрі, ножиці, скляні палички, фільтрувальний папір.

Приготування реактивів:

Р-н дифеніламіну в конц. H_2SO_4

1 г дифеніламіну розчинити в 100 мл концентрованої H_2SO_4 , зберігати в темній герметичній банці. *Даний розчин має бути обов'язково свіжо приготовленим.*

Хід роботи.

1. У білі фарфорові чашки або чашки Петрі кладуть шматочки різних органів рослин (листок, стебло, корінь та ін.) і розтирають їх скляною паличкою.

2. Потім рослинну масу обробляють розчином дифеніламіну в концентрованій сульфатній кислоті. Поява синього забарвлення свідчить про наявність нітратів в листках досліджуваних рослин. Однак через 1-2 хвилини синє забарвлення змінюється. Під час виконання цієї роботи можна використовувати різні рослинні об'єкти.

3. Результати дослідів оцінюють і записують за такою схемою:

№ п\п	Об'єкт	Орган рослини	Кількість нітратів			
			багато	середньо	мало	відсутні

4. По завершенню даної роботи роблять та записують відповідні висновки.

Робота №2 Спрощений метод визначення нітратів у рослинах (кількісний).

Основні відомості. При недостатньому освітленні, надлишках азотних добрив у ґрунті та інших причин нітрати і нітрити накопичуються в рослинах у значних кількостях. Це може негативно впливати на стан тварин і людини, які використовують такі рослини в їжу. Вміння визначити нітрати потрібно для якісної оцінки рослинної продукції, а також для уявлення про біохімічну

активність ферментативних процесів в кореневій системі, нітратредуктивну активність клітин мезофілу листків [5, 6, 12].

Для первинної експрес-оцінки вмісту нітрат-іонів у свіжих плодах та овочах використовують портативні нітрат-тестери. Принцип роботи таких тестерів базується на вимірюванні електропровідності середовища в плодах і овочах, що містять певну кількість іонів, а саме нітрат-іонів. Таким чином, вимірявши електропровідність в плодах і овочах та порівнявши це значення з електропровідністю, обумовленою базовим рівнем вмісту іонів, можна визначити підвищену наявність нітрат-іонів у дослідних об'єктах.

Прилад (нітрат-тестер СОЄКС) відкалібрований по вмісту нітрат-іонів, концентрація яких визначена незалежним методом аналізу (потенціометричне визначення нітрат-іонів по ГОСТ 29270-95 «Продукти переробки плодів і овочів. Методи визначення нітратів») та значення їх закладені в пам'ять приладу. Прилад на екрані показує результат аналізу, допустиму норму за ГОСТ 29270-95 та вимірює вміст нітратів на 1 кілограм маси об'єкта.

Мета роботи. Кількісно визначити вміст нітратів в різних органах рослин.

Матеріали: дослідні об'єкти (картопля, капуста, яблуко, помідор, редис, огірок тощо)

Посуд та обладнання: Чашки Петрі, ножиці, фільтрувальний папір, нітрат-тестер СОЄКС.

Хід роботи.

1. У чашки Петрі кладуть шматочки різних органів рослин (листок, стебло, корінь та ін.) Під час виконання цієї роботи можна використовувати різні рослинні об'єкти.

2. Для вимірювання вмісту нітратів в різних органах рослин за допомогою приладу (нітрат-тестер СОЄКС) уважно ознайомтесь з інструкцією до приладу та детально виконуйте всі наведені вказівки.

3. Результати дослідів оцінюють і записують за такою схемою:

№ п\п	Об'єкт	Орган рослини	Кількість нітратів

4. По завершенню даної роботи роблять та записують відповідні висновки.

Контрольні запитання.

1. Як пояснити зменшення вмісту нітратів у рослині, виставленій на яскраве світло?
2. В яких органах рослини відновлюються нітрати?
3. Що відбувається в рослині з відновленими до аміаку нітратами?
4. Як зовнішні умови та внутрішні фактори впливають на вміст нітратів в різних органах рослин?

Змістовий модуль 3

Дихання рослин. Ріст і розвиток рослин. Фізіологія стійкості рослин.

Дихання рослин і пов'язане з ним окислювальне розщеплення вуглеводів – найважливіше джерело енергії, яка так потрібна для найрізноманітніших синтетичних реакцій в організмі, для росту й розвитку, а також для обміну речовин. Проте дихання є не тільки джерелом енергії. При окислювальних реакціях утворюються численні проміжні продукти, які відіграють важливу роль у процесах синтезу в організмі та інших обмінних процесах.

Баланс хімічних перетворень, що відбуваються під час аеробного дихання, можна записати таким рівнянням:



Повне окислення в процесі дихання однієї грам-молекули гексози супроводжується виділенням 2881,2 кДж енергії. Наведене рівняння аеробного дихання рослин характеризує лише баланс речовин у процесі дихання. Це рівняння не дає ніякого уявлення про ті численні проміжні ферментативні реакції, що відбуваються в процесі дихання. Якщо процес аеробного дихання рослинного організму відбувається у точній відповідності з наведеним вище рівнянням, то відношення об'ємів виділеної вуглекислоти до об'єму поглинутого кисню, яке називають дихальним коефіцієнтом ($\underline{CO_2}$), дорівнює 1.

Проте часто показник дихального коефіцієнта може суттєво відхилитись від цієї величини. Наприклад, якщо одночасно з аеробним диханням відбуваються процеси, що супроводжуються поглинанням додаткової кількості кисню, то дихальний коефіцієнт буде меншим за 1. Такі випадки мають місце при досяганні плодів, коли значна кількість кисню використовується на утворення в плодах органічних кислот. Подібну

закономірність можна спостерігати під час проростання насіння олійних культур. Це відбувається внаслідок того, що процес проростання такого насіння супроводжується окисленням досить бідних на кисень жирних кислот і перетворенням жирів на вуглеводи, що відбувається з використанням значної кількості кисню [5, 6, 11, 12].

Дихальний коефіцієнт більший за 1 спостерігається в тих випадках, коли рослинний організм виділяє значну кількість вуглекислого газу, поглинаючи при цьому незначну кількість кисню. Таку закономірність можна спостерігати на ранніх етапах проростання насіння деяких рослин, щільна оболонка якого має погану проникність для кисню.

Високий дихальний коефіцієнт спостерігається також і при диханні дріжджів, у яких одночасно з кисневим диханням відбувається спиртове бродіння, а також при окисненні органічних кислот, які мають у своєму складі кисню більше, ніж моносахариди.

Наведене рівняння аеробного дихання рослин свідчить про те, що дихання супроводжується такими явищами:

- зменшення маси даного рослинного організму внаслідок використання гексоз;
- зміною складу атмосфери за рахунок поглинання кисню та виділення вуглекислоти;
- виділенням вологи;
- виділенням тепла.

Загальним показником швидкості окислення субстратів є інтенсивність дихання, про яке можна робити висновок за кількістю кисню, що поглинається, або вуглекислоти, що виділяється рослинними організмами. Різні тканини рослин різко відрізняються між собою за інтенсивністю дихання. Слабкий рівень процесу дихання спостерігається у сухого насіння, а найінтенсивніше дихають листки, а також квіти, стиглі плоди та овочі.

Проте інтенсивність дихання рослин або окремих рослинних тканин та органів залежить від цілого ряду факторів. Одним з найважливіших є вміст вологи в даному об'єкті. Якщо вологість насіння буде вищою за «критичну», то це може привести до різкого підвищення інтенсивності дихання насіння, що супроводжується самонагріванням і втратою його товарної якості [5, 6, 11, 12].

Другим важливим фактором, від якого залежить інтенсивність дихання в рослинних тканинах, є температура. При підвищенні температури інтенсивність дихання зростає. В певному інтервалі температур інтенсивність дихання зростає відповідно до правила Вант-Гоффа. Проте, при дальшому підвищенні температури спостерігається порушення нормальної будови та функціонування протопласту, що проявляється в коагуляції білка, інактивації ферментів та поступовому відмиранні організму або його органів.

Крім вологості та температури на інтенсивність дихання рослин і рослинних тканин суттєво впливає їх аерація, а також вміст в повітрі кисню та вуглекислого газу. Всі ці показники можна використати для характеристики фізіологічних властивостей і стану рослин [5, 6, 11, 12].

Ріст і розвиток рослин. Фізіологія стійкості рослин.

Ріст – це незворотне збільшення розмірів і маси клітин, тканин і органів рослин, яке пов'язане з новоутворенням елементів їхньої структури.

Під *розвитком* розуміють якісні зміни в структурі і життєдіяльності рослин, які відбуваються в онтогенезі.

З наведених означень зрозуміло, що ріст і розвиток належать до інтегральних процесів, вивчення яких потребує багатогранного підходу. Їх слід досліджувати на різних рівнях організації рослинного організму: на субклітинному (молекулярному, надмолекулярних комплексів, окремих органел), тканинному, органному і на рівні організму. Це стає можливим при застосуванні таких методів дослідження, як: морфолого-цитологічний, гістологічний, біохімічний, фізіологічний, біофізичний, імунологічний, молекулярної біології та ін. Тільки при всебічному аналізі процесів стане

можливим проникнення в глибинні механізми росту та розвитку рослин, що відкриває нові можливості регуляції їх життєдіяльності [5, 6, 11, 13].

Ріст і розвиток контролюється спадковими ознаками, що заковдані в генному апараті рослин, але відбуваються вони в конкретних умовах навколишнього середовища (температура, вологість повітря і ґрунту, тривалість дня і ночі, спектральний склад світла, мінеральні і органічні добрива та ряд інших), фактори якого контролюють експресії геному. Серед них велике значення мають метеорологічні фактори, трофічна, електрофізіологічна і фітогормональна регуляції.

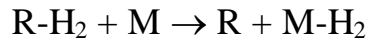
У життєвому циклі (онтогенезі) рослин розрізняють такі етапи: ембріональний, юності, статевого дозрівання, статевої зрілості і розмноження, старіння і відмирання. До важливих внутрішніх факторів росту і розвитку рослин належать речовини високої фізіологічної активності – регулятори росту або фітогормони (ауксини, гібереліни, цитокініни та ін.). У рослин ростові процеси пов'язані з локально розташованими ростовими зонами.

Пізнання закономірностей росту і розвитку рослин дає змогу свідомо керувати цими процесами, стимулювати або гальмувати їх, тим самим підвищувати продуктивність рослинних організмів [5, 6, 11, 13].

Лабораторне заняття № 13.

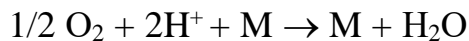
Тема: Виявлення дегідрогеназ в різних тканинах рослин.

Основні відомості. Щоб визначити активність дегідрогеназ, як акцептор Гідрогену, використовують барвник метиленовий синій, який у процесі відновлення переходить у безбарвну форму:



де R-H₂ - субстрат, M – метиленовий синій, R – окислений субстрат, M-H₂ – відновлений метиленовий синій.

При наявності молекулярного кисню безбарвна форма метиленового синього окислюється самостійно і знову набуває свого кольору.



Оскільки ця робота дуже проста і не потребує багато часу на виконання, то її проводять у шкільних умовах під час пояснення каталітичної функції білків-ферментів.

Мета роботи. Оволодіти методом визначення дегідрогеназної активності ферментів у різних тканинах рослин.

Матеріали: проросле насіння гороху чи квасолі,

Реактиви: 50 мл р-ну метиленового синього,

Посуд та обладнання: водяна баня з термометром, термостат, теплиця, фарфорові чашки або чашки Петрі, пробірки з гумовими пробками, маркер або олівець по склу.

Приготування реактивів:

Р-н метиленового синього

1 г метиленового синього розчинити в 100 мл дистильованої води.

Даний розчин має бути обов'язково свіжо приготовленим.

Приготування матеріалів:

За 3-4 доби перед заняттям, насіння квасолі, гороху ставлять спочатку у термостат (22 °С), а потім до теплиці на дорощування.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті чашки Петрі, пробірки висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття пробірки та інший посуд ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи.

1. Оголити від шкірки 10-12 насінин, що проросли, та розділити на сім'ядолі.
2. Половину матеріалу помістити в пробірку з водою і кип'ятити протягом 3 хв. При цьому руйнуються ферментні системи.
3. Потім матеріал, що кип'ятили, та свіжий переносять в дві пробірки і заливають розчином метиленового синього.
4. Через 5-10 хв., коли сім'ядолі інтенсивно забарвляться, зливають розчин фарби, промивають матеріал водою, після чого матеріал заливають дистильованою водою і закривають пробками.
5. Пробірки ставлять в термостат чи на водяну баню при температурі 25-30 °С.
6. Відмічають знебарвлення сім'ядолей в одній із пробірок, після чого сім'ядолі висипають в чашку Петрі (без води), залишають на повітрі і спостерігають відновлення забарвлення.
7. Відмічають інтенсивність забарвлення, роблять відповідні зарисовки і висновок.

Контрольні запитання.

1. Яка роль та де локалізуються дегідрогенази в рослинному організмі?
2. Що спільного і чим відрізняються основні анаеробні та аеробні дегідрогенази?
3. В чому полягають принципи визначення активності дегідрогеназ?
4. Як змінюється активність дегідрогеназ в різних умовах?

Лабораторне заняття № 14.

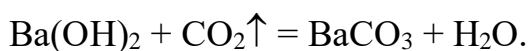
Тема: Визначення інтенсивності дихання рослин за кількістю виділеної вуглекислоти.

Основні відомості. Інтенсивність дихання визначають кількістю вуглекислоти, що виділяється в процесі дихання одиницею маси рослини за одиницю часу.

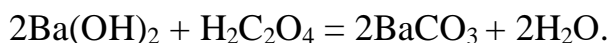
Процес дихання супроводжується поглинанням кисню та виділенням вуглекислого газу, отже інтенсивність дихання можна визначити або за кількістю поглинутого кисню, або за кількістю виділеного при диханні вуглекислого газу.

Найкращими об'єктами для проведення цієї роботи є проросле і сухе насіння.

Для визначення інтенсивності дихання за кількістю виділеної вуглекислоти, в конічні колби розміщують наважку досліджуваного матеріалу в мішечку з марлі, підвішеному на гачку до пробки, та наливають певну кількість лугоу. Вуглекислота, яка виділяється при диханні насіння, буде взаємодіяти з лугоу за рівнянням:



В результаті цієї реакції, концентрація розчину зменшується. Надлишок розчину бариту титрують розчином оксалатної (щавлевої) кислоти $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, в присутності індикатора фенолфталеїна, до зникнення рожевого забарвлення.



Порівнюючи одержані величини в досліджуваній та контрольній колбах, визначають інтенсивність дихання, яка пропорційна кількості вуглекислоти [6, 12].

Мета роботи. Оволодіти методом визначення інтенсивності дихання різних рослинних об'єктів за кількістю виділеної вуглекислоти.

Матеріали: проросле і сухе насіння рослин (пшениці, гороху, квасолі та ін.), листки, квітки, бруньки різних видів рослин;

Реактиви: розчин $\text{Ba}(\text{OH})_2$, розчин $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, розчин фенолфталеїну;

Посуд та обладнання: бюретки для титрування, терези, термостат, теплиця, шматочки марлі 10x10 см, мірні циліндри, хімічні склянки, конічні колби на 250-300 мл з гумовими корками, в які вставлені металеві гачки.

Приготування реактивів:

Р-н $\text{Ba}(\text{OH})_2$

7 г $\text{Ba}(\text{OH})_2$ розчинити в 1 л гарячої кип'яченої води, зберігати в темній герметичній банці.

Даний розчин має бути обов'язково свіжо приготовленим.

Р-н $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

2,8636 г $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ розчинити в 1 л дистильованої води

Р-н фенолфталеїну

0,5 г фенолфталеїну розчинити в 100 мл 96% етилового спирту

Приготування матеріалів:

За 3-4 доби перед заняттям, насіння різних рослин (квасоля, горох, ячмінь, пшениця) ставлять спочатку у термостат (22 °С), а потім до теплиці на дорошування.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті мірні циліндри, хімічні склянки, пробірки, колби, лійки висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття пробірки та інший посуд ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи.

1. Готують баритову воду (7 г $\text{Ba}(\text{OH})_2$ на 1 л гарячої кип'яченої води) і розчин оксалатної (щавлевої) кислоти (2,8636 г $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ на 1 л дистильованої води).

2. Беруть наважку (5-10 г) пророслого насіння у марлевому мішечку і закріплюють його на гачку корка (мішечок повинен легко проходити крізь горло колби і не торкатись розчинів).

3. Коли все підготовлено, у колби швидко наливають по 25 мл баритової води, додають 2-3 краплини фенолфталеїну і щільно закривають колби гумовими корками. У контрольну колбу наливають таку саму кількість бариту і фенолфталеїну, але насіння в неї не опускають.

4. Періодично колби слід обережно збовтувати (барит при цьому не повинен торкатись мішечка з насінням), щоб порушити плівку BaCO_3 на поверхні бариту для повнішого поглинання вуглекислоти.

5. Вміст контрольної колби титрують оксалатною кислотою.

6. Через 15-20 хв. мішечки з насінням швидко виймають і титрують оксалатною кислотою до повного зникнення рожевого відтінку.

7. Різниця в мл $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ є кількість мг виділеної вуглекислоти для досліду з наважкою насіння. Зробивши розрахунок на 100 г наважки та 1 год. інтенсивність дихання визначають за формулою:

$$x = \frac{(a - b) \cdot 100 \cdot 60}{N \cdot t},$$

де x – інтенсивність дихання насіння, мг CO_2 на 100 г за 1 год.

a – кількість розчину $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, затраченого на титрування контролю, мл,

b – кількість розчину $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, затраченого на титрування досліду, мл,

N – наважка, г, t – тривалість досліду, год,

100 – коефіцієнт перерахунку мг в г, а 60 – коефіцієнт перерахунку хв.

в год.

8. Результати досліду записують у таблицю:

Об'єкт	Наважка, г	Кількість Ba(OH)_2 , мл	Тривалість досліду, год.	Кількість $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, затраченого на титрування, мл		Інтенсивність дихання, мг CO_2 на 100 г. сирової маси наважки за год.
				контроль	дослід	

9. Роблять висновки, співставивши інтенсивність дихання різних об'єктів.

Контрольні запитання.

1. Що таке дихання і яке воно має значення в житті рослинного організму?

2. Що таке інтенсивність дихання?

3. Які фактори навколишнього середовища можуть впливати на інтенсивність дихання?

4. На чому ґрунтується метод визначення інтенсивності дихання за кількістю виділеної вуглекислоти?

5. Які органи рослини дихають найінтенсивніше?

6. Чому зволожене насіння не може зберігатися тривалий час?

Лабораторне заняття № 15.

Тема: Спостереження за геотропічною та фототропічною реакцією рослин.

Робота №1(а) Спостереження за геотропічною реакцією рослин.

Основні відомості. Корені рослин характеризуються позитивним геотропізмом, а стебла - негативним. Це явище пов'язане з впливом на рослини сили земного тяжіння, яка сприймається, згідно сучасних досліджень, кореневим чохлаком. При горизонтальному положенні проростка корінь загинається вниз, а стебло - догори. Це відбувається залежно від гормонального статусу нижньої і верхньої частин проростка, який знаходиться в горизонтальному положенні [6, 12]. Для спостереження за геотропічною реакцією рослин використовують два варіанти простих дослідів, які легко провести у шкільному кабінеті біології.

Мета роботи. Дослідити залежність росту осьових органів рослин від сили земного тяжіння.

Матеріали, реактиви, обладнання. Скляні трубки; лоток, фільтрувальний папір, проростки гороху чи квасолі.

Матеріали: проростки гороху, квасолі чи кінських бобів, інших рослин.

Посуд та обладнання: скляні трубки; лоток, фільтрувальний папір, термостат, теплиця, чашки Петрі

Приготування матеріалів:

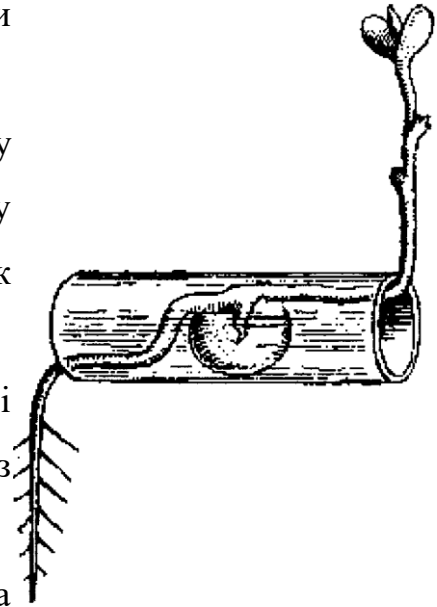
За 3-4 доби перед заняттям, насіння різних рослин (квасоля, горох, кінські боби) ставлять в чашках Петрі спочатку у термостат (22 °С), а потім до теплиці на дорошування.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті скляні трубки, чашки Петрі, висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до

заняття посуд ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи. Явище геотропізму найкраще спостерігати на заздалегідь підготовлених препаратах. Для роботи використовують проростки гороху і квасолі.

1. В скляну трубку поміщають полоску фільтрувального паперу та вносять пророслу насінину або проросток гороху чи квасолі (так, як зображено на рисунку).



2. Потім на дно лотка наливають трохи води і ставлять у нього горизонтально скляну трубку з проростком.

3. Залишають трубку на декілька днів та спостерігають, як корінь росте в напрямку до Землі.

В протилежному напрямку - від центра Землі – росте стебло.

4. Відмічають зміни, роблять відповідні зарисовки і висновок до роботи.

Робота №1 (б) Спостереження за геотропічною реакцією рослин.

Мета роботи. Спостерігати за геотропічною реакцією рослин.

Матеріали: проростки гороху, квасолі чи кінських бобів, інших рослин.

Посуд та обладнання: фільтрувальний папір, скляні банки, скло для їх закривання; скляні пластинки, на яких закріплюються проростки; термостат, теплиця.

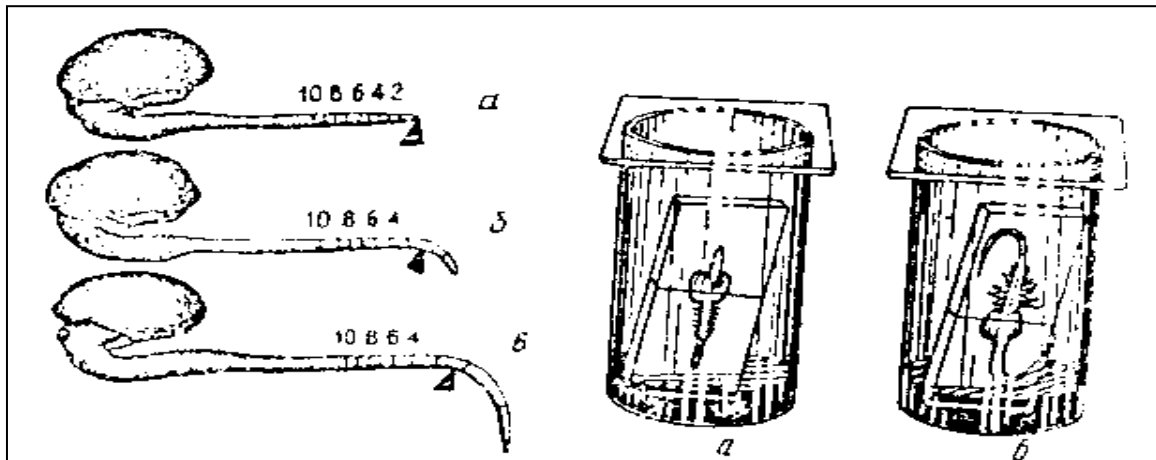
Приготування матеріалів:

За 3-4 доби перед заняттям, насіння різних рослин (квасоля, горох, боби) ставлять спочатку у термостат (22 °С), а потім до теплиці на дорощування.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті скляні банки, пластинки висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття посуд ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи. Явище геотропізму найкраще спостерігати на заздалегідь підготовлених препаратах. Для роботи використовують проростки гороху, бобів чи квасолі.

1. Квадратну скляну пластинку обгортають папером і прикріплюють до неї в нормальному положенні (кінчиками вниз) кілька пророслих насінин.
2. Потім на дно скляної банки наливають трохи води і ставлять у неї вертикально квадратну пластинку з проростком.
3. Банку закривають зверху склом (рис. а).



4. Коли корінці виростуть на 8-10 см, пластинку з проростком повертають на 180° (рис. б). При цьому спостерігають, що корінь росте в напрямку до Землі. В протилежному напрямку - від центра Землі - росте стебло.

5. Відмічають зміни, роблять відповідні зарисовки і висновок до роботи.

Робота № 2 Спостереження за фототропічною реакцією рослин.

Основні відомості. Фототропізмом називають ріст стебла рослин в напрямі одностороннього освітлення внаслідок нерівномірного росту світлової і тіньової його сторін. Це пов'язано з неоднаковим балансом фітогормонів на різних сторонах рослин [6, 12].

Типове явище фототропізму можна спостерігати на рослинах, які ростуть на вікні або в глибині кімнати. Всі листові пластинки у таких рослин обернені до світла.

Мета роботи. Виявити вплив одностороннього освітлення на характер росту стебел, дослідити вплив верхівок колеоптилів на цей процес.

Матеріали: проростки злаків (пшениці, ячменю)

Посуд та обладнання: лоток, фільтрувальний папір, чашки Петрі, термостат, теплиця, станіоль для ковпачків, фототропічна камера.

Приготування матеріалів:

За 3-4 доби перед заняттям, насіння рослин (ячмінь, пшениця) ставлять спочатку у термостат (22 °С), а потім до теплиці на дорошування.

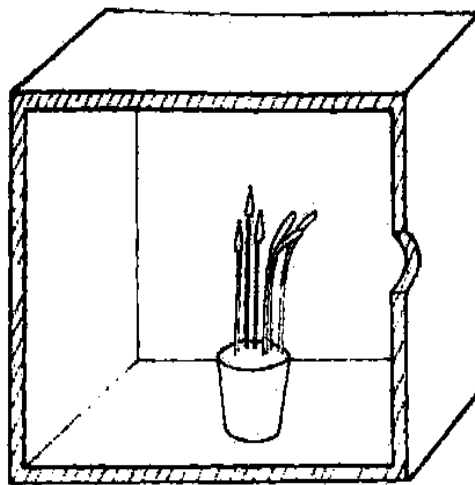
Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті чашки Петрі висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття посуд ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи. Місце сприймання світлових подразнень у молодих проростків можна визначити за допомогою фототропічної камери і станіольових ковпачків. Найкраще для досліду використовувати 4-5 денні проростки.

1. Для цього на частину пророслих в темряві проростків 4-5 см завдовжки, які ще не прорвали колеоптилю, надягають станіольові ковпачки розміром до 1 см. Виготовляють їх так: маленький шматочок станіолю 1 см

завширшки закручують трубкою на сірнику або на тоненькій паличці і зверху скручують.

2. Горщик з проростками, вкритими станіольовими ковпачками і без них, ставлять у фототропічну камеру - закритий з усіх боків ящик з чорними внутрішніми стінками і маленьким отвором в одній з них. Світло в фототропічну камеру пропускають так, щоб воно освітлювало верхівки проростків (рис.).



3. Через 24 год. встановлюють, що ті проростки, на яких було надіто ковпачки, продовжують рости у вертикальному положенні, а проростки без ковпачків згинаються у напрямі до світла. Це дає підставу зробити висновок, що світло сприймається верхівкою колеоптилю.

4. Відмічають зміни, роблять відповідні зарисовки і висновок до роботи.

Контрольні запитання.

1. Що таке тропізм? Які є тропізми у рослин, їх класифікація?
2. Що таке геотропізм? Що таке фототропізм?
3. Як продемонструвати наявність геотропічних згинів у кореня і стебла?
4. Яка причина різної реакції їх на вплив земного тяжіння?
5. Чи спостерігають геотропізм і фототропізм у багаторічних рослин?

6. Якими методами можна показати значення кореневого чохла для геотропічної реакції у рослин?
7. Якими методами можна показати значення апекса для фототропічної реакції у рослин?

Лабораторне заняття № 16.

Тема: Оцінка холодостійкості рослин на перших етапах росту й розвитку.

Основні відомості. Холодостійкість – це здатність рослин протистояти тривалому впливу низьких позитивних температур та заморозків. Несприятлива дія холоду на перших етапах вегетації згубно впливає і на наступні етапи росту й розвитку рослин та формування врожаю. Тому дослідження реакції організму на дію температури має важливе значення [6]. Відміни здатності сортів кукурудзи адаптуватись до дії холоду відбиваються на швидкості проростання насіння і темпах росту проростків.

Мета роботи. Дослідити та дати оцінку холодостійкості рослин кукурудзи за проростанням насіння при низьких температурах.

Матеріали: насіння 2-3 сортів кукурудзи, що відрізняються за холодостійкістю.

Посуд та обладнання: Холодильна шафа з температурою 14, 10 і 6 °С, термостат, теплиця, фільтрувальний папір, ростильні кювети або чашки Петрі.

Приготування матеріалів:

За 2-4 доби перед заняттям, насіння кукурудзи ставлять спочатку у термостат (22 °С), а потім до теплиці на дорошування.

Приготування посуду: для даної роботи потрібно ідеально чисті скляні ростильні кювети або чашки Петрі, висушені у сушильній шафі. Тому за 2 доби до заняття посуд ретельно миються та висушуються у сушильній шафі. Видаються студентам безпосередньо перед заняттям.

Хід роботи. Схожість насіння визначають в ростильних кюветах на фільтрувальному папері, кінці якого занурені у воду.

1. Пророщують 50-100 насінин кожного варіанту (сорт) в холодильних камерах при 14, 10 і 6 °С.

2. На 6 день пророщування визначають відсоток пророслих насінин кукурудзи.

3. Результати досліду записують до таблиці:

Варіант (Сорт)	Кількість пророслих насінин при температурі, % від загальної їх кількості			Висновок
	14°C	10°C	6°C	

4. Роблять відповідні висновки до роботи.

Контрольні запитання.

1. Що таке стійкість рослин? Які є види стійкості?
2. Що таке холодостійкість рослин?
3. Які адаптації мають рослини по відношенню до температурного режиму? Який механізм холодостійкості у рослин?
4. Яка причина різної реакції сортів рослин одного виду на вплив низьких температур?
5. Якими способами підвищують холодостійкість рослин?
6. Чому для дослідів у цій роботі використовують рослини кукурудзи?

Список рекомендованої літератури

1. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин. Київ: Либідь, 2005. 808 с.
2. Злобін Ю.А. Курс фізіології і біохімії рослин: підручник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2004. 464 с.
3. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин. Вінниця: Нова Книга, 2006. 413 с.
4. Москаленко М. П. Фізіологія рослин: навчальний посібник: у 2-х частинах. Ч.1 / М. П. Москаленко/ Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, кафедра загальної біології та екології. Суми: ФОП Цьома С.П., 2018. 100 с.
5. Красноштан І. В. Фізіологія рослин: навчально-методичний посібник для студентів природничо-географічних факультетів педагогічних вузів / І. В. Красноштан ; Міністерство освіти та науки, Уманський ДПУ імені Павла Тичини. Умань : ПП Жовтий О. О., 2016. 133 с.
6. Фізіологія рослин: практикум / [О.В. Войцехівська, А.В. Капустян, О.І. Косик та ін.]; за заг. ред. Т.В. Паршикової. Луцьк: Терен, 2010. 420 с.
7. Фізіологія рослин: Практикум / О.В. Брайон, В.Г. Чикаленко, П.С. Славний та ін. / за ред. М.М. Мусієнка / Київ: Вища школа , 1995. 191 с.
8. Козаков Є.О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин. Київ: Фітосоціоцентр, 2000. 272 с.
9. Фізіологія рослин: методичні рекомендації / В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк. Умань, 2015. 15 с.
10. Чорний І.Б., Білявський С.М. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства (лабораторний практикум). Навч. посіб. Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2021. 151 с.
11. І.П. Григорюк, О.А. Бойко, С.В. Прилуцька Фізіологія рослин з основами біохімії. Практикум. Київ: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014. 144 с.

12. Фізіологія та біохімія рослин. Навчально-методичний посібник для студентів спеціальності 6.040102 „Біологія”/ В.В. Демчук. Рівне: РДГУ, 2008. 83с.

13. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни — Фізіологія рослин (для бакалаврів спеціальності 205-Лісове господарство) / уклад. Смужаниця Я.В. Ужгород: УжНУ, 2021. 98 с.

Навчальне видання

Кустовська А.В., Білявський С.М.

Фізіологія рослин.

Лабораторний практикум для студентів біологічних спеціальностей ЗВО.



Підписано до друку 07.07.2023 р. Формат 60x84/16.

Папір офсетний. Гарнітура Times.

Умов.друк.арк. 6,34. Облік.видав.арк. 3,83

Наклад 300 прим. Зам. № 159.

Віддруковано з оригіналів.

Вид-во Українського державного університету
імені Михайла Драгоманова
01601, м. Київ-30, вул. Пирогова, 9 Свідоцтво
про реєстрацію № 1101 від 29.10.2002.
(044) 239-30-26.