

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра лісового господарства**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
**для практичних занять та самостійної роботи з**  
**дисципліни «ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН»**  
**для здобувачів першого (бакалаврського) ступеня**  
**вищої спеціальності**  
**205 – «Лісове господарство»**

Біла Церква 2019

**УДК 581.1(07)**

Затверджено науково-методичною  
комісією університету  
Протокол № 1 від 02. 09. 2019 р.

Укладачі: **Філіпова Л. М.**, канд. с.-г. наук  
**Мацкевич В. В.**, канд. с.-г. наук

Методичні рекомендації для практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Фізіологія рослин» для здобувачів першого (бакалаврського) ступеня вищої освіти спеціальності 205 – «Лісове господарство»/Філіпова Л. М., Мацкевич В. В. БНАУ: Біла Церква, 2019. 89 с.

Методичні рекомендації розроблено відповідно до освітньо-наукової програми підготовки здобувачів першого (бакалаврського) ступеня вищої освіти спеціальності 205 – «Лісове господарство» та навчального плану на 2019-2020 навчальний рік. Методичні рекомендації будуть корисними для підготовки і виконання здобувачами практичних завдань, а також самостійної роботи. У методичних рекомендаціях також наведено перелік питань, що виносяться на модульний контроль.

Рецензенти: **Стадник А. П.**, академік ЛАН України, професор каф. лісівництва, ботаніки і фізіології рослин, доктор с.-г. наук.

**Карпук Л.М.**, професор каф. землеробства, агрохімії та ґрунтознавства, доктор с.-г. наук.

© БНАУ 2019

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	<b>5</b>
Програма навчального курсу «Фізіологія рослин»	6
Правила безпеки під час виконання практичних робіт	7
Перша допомога при травмах і отруєннях	8
<i>Змістовий модуль 1. Фізіологія та біохімія клітини</i>	<b>10</b>
Визначення первинних і вторинних метаболітів у пагонах і насінні деревних рослин	10
Форми плазмолізу. Вплив іонів калію і кальцію на в'язкість цитоплазми	15
Вплив активаторів та інгібіторів на активність амілази	16
Залежність активності інвертази від температури і рН середовища	18
Питання на самостійне опрацювання	21
Контрольні питання та завдання до модуля «Фізіологія та біохімія клітини»	21
<i>Змістовий модуль 2. Водобмін</i>	<b>24</b>
Визначення осмотичного тиску методом Де-Фріза	24
Визначення всисної сили клітини у різних видів деревних рослин	26
Поглиналина діяльність кореневої системи. Явища гутації і плачу	29
Визначення інтенсивності транспірації різних видів деревних	31
Питання на самостійне опрацювання	34
Контрольні питання та завдання до модуля «Водобмін»	34
<i>Змістовий модуль 3. Мінеральне живлення рослин</i>	<b>36</b>
Визначення вмісту золи у різних органах рослин	36
Мікрохімічний аналіз золи рослин	38
Діагностика потреби у добривах за результатами хімічного аналізу соку деревних рослин	45
Питання на самостійне опрацювання	48

Контрольні питання та завдання до модуля «Мінеральне живлення рослин»	49
<i>Змістовий модуль 4. Фотосинтез</i>	51
Фотосинтетичні пігменти асиміляційного апарату деревних рослин.	51
Методи розділення суміші пігментів	
Вивчення фізичних та хімічних властивостей фотосинтетичних пігментів	54
Визначення чистої продуктивності фотосинтезу	58
Питання на самостійне опрацювання	60
Контрольні питання та завдання до модуля «Фотосинтез»	61
<i>Змістовий модуль 5. Дихання</i>	65
Визначення інтенсивності дихання різних частин деревних рослин	65
Визначення дихального коефіцієнта проростаючого насіння	68
Виявлення і визначення активності дегідрогеназ	70
Питання на самостійне опрацювання	72
Контрольні питання та завдання до модуля «Дихання»	72
<i>Змістовий модуль 6. Ріст, розвиток, стійкість</i>	75
Порівняння інтенсивності росту різних видів деревних порід залежно від зовнішніх умов	75
Порушення спокою бруньок деревних рослин	77
Вплив алелопатичної взаємодії на проростання насіння деревних рослин	80
Визначення жаростійкості та солестійкості деревних рослин	83
Питання на самостійне опрацювання	85
Контрольні питання та завдання до модуля «Ріст, розвиток, стійкість»	86
<b>Рекомендовані джерела інформації</b>	<b>88</b>

## ВСТУП

Згідно з навчальним планом на вивчення дисципліни «ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН» для денної форми навчання здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти виділено всього 180 академічних годин (6 кредитів ECTS), у т .ч. аудиторних – 70 годин (лекції – 28 год, практичні заняття – 42 год), самостійна робота студентів – 110 годин.

**Метою** вивчення дисципліни «ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН» є набуття здобувачем знань щодо життєвих процесів у рослині та їх детермінант, а також умінь і навичок щодо шляхів регулювання з метою досягнення бажаних виробничих потреб у лісогосподарській галузі.

Основними завданнями курсу є:

- вивчення окремих процесів і закономірностей життя рослинного організму та їх значення для росту і розвитку рослини;
- виявлення взаємозв'язків, існуючих між окремими життєвими процесами і явищами;
- вивчення впливу зовнішніх умов на життєдіяльність рослини;
- пояснення життєвих явищ, їх фізичної і хімічної суті;
- вивчення шляхів управління життєвими процесами в рослинах у бажаному для людини напрямку.

## **ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ «ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН»**

Програма навчального курсу «Фізіологія рослин» має такий зміст:

### *Змістовий модуль 1. Фізіологія та біохімія клітини*

Тема 1.1. Вступ. Загальна організація і фізіологія рослинної клітини.

Тема 1.2. Ферменти.

### *Змістовий модуль 2 Водобмін*

Тема 2.1. Водний режим рослин.

Тема 2.2. Транспірація.

### *Змістовий модуль 3. Мінеральне живлення рослин*

Тема 3.1. Фізіологічна роль елементів мінерального живлення.

Тема 3.2. Поглинання і транспорт елементів мінерального живлення до рослини.

### *Змістовий модуль 4 Фотосинтез*

Тема 4.1. Сучасне уявлення про фотосинтез.

Тема 4.2. Механізм та хімізм фотосинтезу.

Тема 4.3. Екологія та продуктивність фотосинтезу.

### *Змістовий модуль 5. Дихання*

Тема 5.1. Хімізм дихання.

Тема 5.2. Енергетика дихання. Вплив внутрішніх і зовнішніх факторів на дихання рослин.

### *Змістовий модуль 6. Ріст, розвиток, стійкість рослин*

Тема 6.1. Ріст і рухи рослин.

Тема 6.2. Розвиток і розмноження рослин.

Тема 6.3. Стійкість рослин до несприятливих абіотичних і біотичних чинників.

## **ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**

Робота в хімічних та фізіолого-біохімічних лабораторіях у тій чи іншій мірі наражає працюючих на отруєння хімічними реактивами, їхніми парами, а також на опіки концентрованими кислотами або лугами. В таких лабораторіях, унаслідок необережної поведінки з легкозаймистими речовинами, можна спричинити вибух чи пожежу. З огляду на це кожен студент має дотримуватися вимог основних правил безпеки праці.

1. До занять допускаються студенти які пройшли інструктаж з техніки безпеки і розписалися у журналі реєстрації інструктажів, ознайомилися з ходом виконання практичної роботи і тримали дозвіл викладача на її виконання.
2. Забороняється тримати портфелі, сумки та інші сторонні предмети на лабораторних столах.
3. У лабораторії дозволено виконувати лише ті досліди, які передбачені календарним планом.
4. Усі прилади у лабораторії можна вмикати лише з дозволу викладача.
5. У приміщенні лабораторії слід підтримувати зразкову чистоту та порядок.
6. Заборонено пити з лабораторного посуду, а також вживати їжу в лабораторії. Забороняється споживати дослідне насіння з огляду на те, що воно попередньо може бути оброблене фунгіцидами тощо.
7. Відразу після закінчення роботи необхідно вимити посуд і розмістити його для просушування у спеціально відведеному для цього місці.
8. Після роботи студент зобов'язаний прибрати своє робоче місце і здати його черговому.
9. Усі роботи з леткими, отруйними речовинами потрібно проводити у витяжних шафах із ввімкненою тягою.
10. Під час роботи з легкозаймистими речовинами (ефіри, спирти, бензол, ацетон) слід бути особливо обережними. З ними потрібно працювати під тягою на відстані від відкритого вогню, нагрівати тільки на водяних банях.
11. Концентровані кислоти, луги, легкозаймісті речовини зберігають у закритому посуді далеко від відкритого полум'я, у витяжній шафі.

12. Луги, кислоти, інші їдкі та отруйні речовини не можна затягувати в піпетку ротом. Для цього користуються гумовими грушами або спеціальними пристроями.
13. Розбавляючи концентровані кислоти, особливо сірчану, їх слід вливати тонким струменем у воду (а не навпаки!), постійно помішуючи. Розчини кислот готують у фарфоровому або скляному термостійкому посуді.
14. При зважуванні твердих реактивів не можна насипати їх безпосередньо на чашку ваг. Негігроскопічні солі можна зважувати на пергаментному папері або у спеціальних чашках для зважування. Для зважування реактивів на аналітичних вагах використовують скляний посуд.
15. З метою уникнення забруднення реактивів не дозволяється набирати розчин з основного посуду піпеткою. Потрібну кількість розчину слід відлити у мірний циліндр або хімічний стакан. Надлишок, що залишився, не виливають в основний посуд.
16. Наливаючи реактиви, не можна нахилитися над посудом, щоб бризки не потрапили на обличчя та одяг.
17. Нагріваючи хімічний посуд з розчинами, не слід спрямовувати їхній отвір на себе чи колег.
18. Щоб визначити запах речовини, струмінь повітря спрямовують легким порухом долоні в напрямку до себе, водночас не потрібно вдихати повітря на повні груди.
19. Заборонено виливати в раковину залишки лугів, кислот, легкозаймистих рідин, викидати туди тверді речовини (папір, пісок, сірники тощо).
20. Не можна запалювати газ поряд із робочим місцем сусіда, попередньо не з'ясувавши з чим він працює.

### **ПЕРША ДОПОМОГА ПРИ ТРАВМАХ І ОТРУЄННЯХ**

1. У випадку будь-якого нещасного випадку студенти зобов'язані негайно повідомити викладача або відповідальних працівників кафедри.
2. Якщо реактиви потрапили на тіло, їх потрібно змити великою кількістю проточної води, а потім нейтралізувати. Кислоти нейтралізують 3-5%-ним  $\text{NaHCO}_3$ , а луги – 2-3%-ним розчином оцтової або щавлевої кислот і знову водою. При ураженні



кислотою слизової оболонки рота або очей їх обробляють 3-5%-ним розчином гідрокарбонату натрію.

3. Якщо на тіло потрапили органічні речовини, які нерозчинні у воді, їх змивають великою кількістю розчинника цієї речовини, а потім промивають етиловим спиртом і змащують кремом.

4. У разі поранення битим скляним посудом, рану насамперед очищають від уламків скла стерильним пінцетом або стерильною марлею, зупиняють кровотечу, очищають поверхню шкіри навколо рани від бруду і обробляють краї рани антисептиком (напр., розчином йоду). У випадку сильної кровотечі накладають стискаючу пов'язку (джгут) вище рани для припинення кровотечі, накривають рану стерильним перев'язувальним матеріалом і викликають лікаря.

5. У разі отруєння газом потерпілого слід негайно вивести на свіже повітря, напоїти великою кількістю молока і забезпечити спокій.

6. У разі ураження струмом, до прибуття лікаря, потерпілому забезпечують повний спокій і надходження свіжого повітря. Якщо порушене дихання і серцева діяльність, необхідно вдатися до штучного дихання та непрямого масажу серця і не припиняти цих дій до повного відновлення функцій або до прибуття медпрацівників.

7. У разі опіку гарячими предметами обпечене місце змочують розчином перманганату калію, етанолом або прикладають вату, зволожену рідиною від опіків. При сильних опіках слід негайно звернутися до лікаря.

8. Якщо у лабораторії спалахнув бензин, спирт чи інша легкозаймиста речовина, то полум'я слід засипати піском, накрити негорючою тканиною або застосувати вогнегасник. Людину, на якій зайнявся одяг, швидко і щільно закутують у протипожежну ковдру, щоб загасити полум'я.

## *ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ФІЗІОЛОГІЯ ТА БІОХІМІЯ КЛІТИНИ*

### Практична робота 1. **ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРВИННИХ І ВТОРИННИХ МЕТАБОЛІТІВ У ПАГОНАХ І НАСІННІ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН**

**Мета роботи.** Ознайомитися з основними класами первинних і вторинних метаболітів у деревних рослин та навчитися визначати їх наявність.

**Об'єкти:** насіння і пагони дуба, липи, акації, сосни, магонії, кора дуба.

**Реактиви, обладнання:** розчин йоду в КІ (конц.) розбавлений втричі, розчин фарби Судан III в крапельниці, насичений розчин  $\text{CuSO}_4$ , лужний розчин сегнетової солі (86,5 г сегнетової солі і 60 г  $\text{NaOH}$  в 100 мл води), фелінгова рідина, гліцерин: розчин хлористого заліза, дистильована вода; мікроскопи, леза, скальпелі, штатив з пробірками, скляні палички, накривні скельця та предметні стекла, фільтрувальний папір.

#### **Принцип методу**

Речовини, що знаходяться у рослинах (їх клітинах) умовно поділяють на первинні та вторинні метаболіти. Первинні метаболіти утворюється безпосередньо із неорганічних сполук у процесах анаболізму. А вже з них внаслідок різних хімічних перетворень у живій клітині виникають усі інші органічні сполуки, які є речовинами вторинного походження (вторинні метаболіти).

Первинні метаболіти рослинної клітини представлені основними класами органічних сполук – білками, ліпідами та вуглеводами.

Первинними метаболітами є:

- низькомолекулярні «будівельні» блоки для біополімерів — амінокислоти, нуклеотидфосфати, цукри, органічні кислоти, вітаміни, кофактори;
- проміжні продукти конструктивного метаболізму — органічні кислоти циклу трикарбонових кислот, продукти пентозофосфатного шляху.

Первинні метаболіти представляють основні запасні речовини – крохмаль, жири і білкові речовини, які відкладаються в сім'ядолях або ендоспермі насіння. При проростанні насіння ці речовини піддаються зміні, перетворюючись в більш прості і

розчинні сполуки. Розчинність запасних речовин є першою умовою подачі їх до точок росту зародка. Розчинність речовин в насінні здійснюється з допомогою ферментів. Ці речовини насіння можна вивчати за допомогою мікрохімічних реакцій, тобто хімічних реакцій, які проводять на предметному склі в краплі реактиву і спостерігають під мікроскопом. Крохмаль і білки можна визначити дією на зріз розчину йоду в йодистому калію I+KI. Крохмальні зерна забарвлюються в темно-фіолетовий або темно-синій (майже чорний) колір. Зерна білку забарвлюються в золотистожовтий колір. Жири можна виявити, обробляючи зрізи спиртовим розчином червоного барвника – Судан-3. Жири виділяються у вигляді блискучих оранжево-червоних крапель. Цукри визначають з допомогою рідини Фелінга, що являє собою суміш мідного купоросу і сегнетової солі. В присутності відновлюючих цукрів окисна мідь відновлюється до відновної і може бути виявлена під мікроскопом у вигляді дрібних темних кристаликів, що мають червонуватий відтінок. Подібні аналітичні реакції можна провести і на тонких зрізах пагонів деревних рослин

Вторинними метаболітами є пігменти, фенольні сполуки, глікозиди, алкалоїди, каучук і гума, ефірні масла, гідроароматичні сполуки. Багато із цих речовин не беруть активну участь у клітинному метаболізмі, а деякі з них (наприклад, фітогормони) є життєво необхідними для нормального функціонування і розвитку організму. Синтез вторинних метаболітів звичайно здійснюється після завершення клітинного росту.

Деякі з цих речовин, наприклад, окремі органічні кислоти, що утворюються в рослинах, відразу використовуються клітинами для різних біосинтетичних процесів; вони не накопичуються в рослинах у великій кількості і є проміжними продуктами обміну речовин. Для виділення їх із рослин інколи потрібно перервати або якимось чином змінити ланцюг закономірних перетворень речовин у клітині, тобто відвернути подальше використання цих речовин. Багато речовин вторинного метаболізму — це найважливіші фізіологічно активні речовини, наприклад, терпеноїди (сюди належать регулятори росту гібереліни) або убіхінони та пластохінони, які відіграють найважливішу роль у процесах дихання та фотосинтезу. Тому термін «речовини

вторинного метаболізму» поступово замінюється на термін «речовини спеціалізованого обміну».

Вторинними метаболітами є також дубильні речовини. До дубильних речовин віднесено сполуки різні за складом. Являють собою продукти перетворення цукрів, легко окиснюються при диханні та інших фізіологічних процесах. Вони є похідними галлової та протокатехової кислот. За своєю хімічною природою дубильні речовини близькі до антоціанів і похідних флавону та флавонону, містяться у клітинному соці, мають терпкий смак. Вони утворюють з білками нерозчинні сполуки, із солями заліза утворюють продукти чорного кольору, під дією двохромовоокислого калію осідають. Характерною реакцією на дубильні речовини є почорніння витяжки під дією слабкого розчину солей заліза.

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 можуть впливати на тваринний організм, багато з них є отрутами. Характерною реакцією на алкалоїди є утворення червонувато-бурого осаду при їх обробці розчином йоду в йодистому калії.

### **Хід роботи**

1. Зафіксувати спиртом пагони деревних рослин(за мов виконання роботи у період зимівлі - січень). Для цього зрізані пагони ставлять у вертикальному положенні в щільно закупорені склянки, на дно яких наливають 96 %-й спирт.

2. Кінці пагонів, що були занурені у спирт, зрізати ножицями.

3. Виготовити з насіння або пагонів тонкі зрізи для мікрохімічних реакцій (виявлення крохмалю, жирів та редукованих цукрів).

### **4. Виявлення крохмалю (білків у насінні)**

4.1. На предметному склі обробити тонкий зріз через серцевину, деревину і кору розчином йоду. Аналогічно обробити зрізи насіння деревних.

4.2. Накрити зріз скельцем і розглянути крохмальні зерна під мікроскопом за малого, а потім за великого збільшення.

4.3. Розглянути білкові зерна жовтуватого кольору у насіння деревних.

## **5. Виявлення жирів**

5.1. Тонкий зріз помістити в розчин фарби Судан III, покрити накривним скельцем, експонувати 10 хв.

5.2. За 10 хв. зрізи промити водою, висушити фільтрувальним папером, помістити в краплину гліцерину.

5.3. Розглянути під мікроскопом за великого збільшення червоно-оранжеві краплини ліпідів у клітинах різних тканин стебла.

## **6. Виявлення редукованих цукрів**

6.1. Пагін довжиною 2 см розрізати вздовж і занурити в концентрований розчин  $\text{CuSO}_4$  на 5 хв.

6.2. Зрізи промити водою і занурити в пробірку з киплячим розчином сегнетової солі на 2 хв.

6.3. Оброблені зрізи промити водою і зробити з них поперечні зрізи.

6.4. Розглянути під мікроскопом в краплині гліцерину. Примітка. Кристали  $\text{Cu}_2\text{O}$  за малого збільшення виглядають чорними, а за великого – мають червоний відтінок.

## **7. Виявлення дубильних речовин**

7.1. Шматочок рослинного матеріалу (кора дуба, листок, жолудь) прокип'ятити в пробірці з 5-6 мл дистильованої води, додати 1-2 краплі розчину хлористого заліза. Витяжка почорніє.

7.2. Зробити препарат, помістивши тонкий зріз у краплю розчину хлористого заліза на предметне скельце.

7.3. Розглянути під мікроскопом, відмітити реакції на дубильні речовини.

7.4. Результати дослідів записують до таблиці 1.

Таблиця 1. **Виявлення дубильних речовин**

Назва рослини	Частина рослини	Ступінь почорніння		
		Слабо	Середньо	Сильно

### 8. Виявлення алкалоїдів

8.1. Старанно розтерти рослинний матеріал (шматочки коріння, листка, плоду) скляною паличкою на тарілці до утворення каші

8.2. Додати декілька краплин розчину йоду в йодистому калії. Червонувато-бурий колір говорить про наявність алкалоїдів.

8.3. Результати дослідів записують до таблиці 2.

Таблиця 2. **Виявлення алкалоїдів**

Назва рослини	Частина рослини	Кількість осаду		
		Багато	Середньо	Мало

### Контрольні питання

1. Що таке первинні і вторинні метаболіти?
2. Характеристика основних первинних метаболітів.
3. Характеристика основних вторинних метаболітів.
4. Як можна визначити наявність первинних і вторинних метаболітів?
5. Які запасні речовини переважають в насінні акації, сосни, магонії і до яких груп насіння вони відносяться: маслянистих, крохмалистих, білково-маслянистих або білково-крохмалистих?
6. В який період року пагони мають максимальну кількість крохмалю, жирів, цукрів?
7. Чи існує різниця у кількості цих сполук на початку та наприкінці зимівлі?
8. Чи відрізняються за вмістом запасних поживних речовин пагони різного віку?

9. Які запасні речовини можна виявити в тканинах коренів у однакові пори року?

## Практична робота 2. **ФОРМИ ПЛАЗМОЛІЗУ. ВПЛИВ ІОНІВ КАЛІЮ І КАЛЬЦІЮ НА В'ЯЗКІСТЬ ЦИТОПЛАЗМИ**

**Мета роботи:** простежити за формами плазмолізу під впливом одно-двовалентних катіонів.

**Об'єкти:** цибуля з антоціаном.

**Реактиви, обладнання:** предметні й покривні скельця – 3 шт., скляні палички – 3 шт., бритва, молярні розчини  $KNO_3$  і  $Ca(NO_3)_2$ .

### **Принцип методу**

Форма плазмолізу залежить від в'язкості цитоплазми, тривалості дії плазмолітика, стану клітин. У молодих клітин цитоплазма має велику в'язкість, тому під дією плазмолітика в них можна спостерігати різні форми плазмолізу. Спочатку цитоплазма відстає від куточків клітинної стінки, поступово утворюється вгнутий плазмоліз. Ще через деякий час плазмолізована цитоплазма округлюється і вгнутий плазмоліз переходить в опуклий. У дорослих клітин в'язкість цитоплазми менша, ніж у молодих. При дії плазмолітика в них майже відразу настає опуклий плазмоліз.

В'язкість цитоплазми змінюється під дією одно- і двовалентних іонів. Калій, як і інші одновалентні катіони, підвищує гідрофільність колоїдів цитоплазми і тому її в'язкість зменшується. Кальцій зменшує обводнення колоїдів і тому її в'язкість цитоплазми збільшується. При його дії на клітину виникає вгнутий або спазматичний плазмоліз, коли цитоплазми нерівномірно відстає від оболонки клітини. В гіпертонічному розчині з незначною добавкою кальцію клітини не набувають опуклого плазмолізу – переважає дія двовалентного катіона. У цьому виявляється антагоністична дія іонів калію і кальцію на в'язкість цитоплазми.

### **Хід роботи**

1. У три скляні бюкси окремо налити 1 мл гіпертонічних розчинів: 1М  $KNO_3$ , 1 М  $Ca(NO_3)_2$

2. Приготувати три невеликі шматочки епідермісу лусочки цибулини цибулі з антоціаном і по одному занурити у приготовлені розчини.

3. Витримати їх протягом 30 хв, періодично збовтуючи.

4. Приготувати препарат (взяти краплю розчину з бюкса і шматочок епідермісу лусочки на предметне скло) і розглянути під мікроскопом при малому збільшенні.

5. Замалювати форму плазмолізу.

6. Зробити висновки про вплив одно- та двовалентних катіонів на в'язкість цитоплазми і форми плазмолізу.

### **Контрольні питання**

1. Яка природа “ввігнутого” та “ковпачкового” плазмолізу.
2. Роль цитоплазматичної мембрани в осмотичних явищах клітини.
3. Чому цитоплазматична мембрана яка розмежовує два розчини вільно пропускає лише воду?
4. Які функції виконують білкові молекули цитоплазматичних мембран?

## **Практична робота 3. ВПЛИВ АКТИВАТОРІВ ТА ІНГІБІТОРІВ НА АКТИВНІСТЬ АМІЛАЗИ**

**Мета роботи:** виявити залежність активності амілази від наявності в середовищі активаторів та інгібіторів.

**Об'єкти:** проросле насіння.

**Реактиви та обладнання:** ступка фарфорова з товкачиком, паперовий фільтр, колбочки на 100 мл – 2 шт., скляна паличка, термометр, водяна баня, штатив, пробірки – по 3 шт. великих і малих, піпетки на 1 мл, 1%-ний розчин крохмалю, розчин йоду, 1%-ні розчини хлористого натрію і сірчанокислої міді.

### **Принцип методу**

На активність ферментів можуть впливати хімічні сполуки. Часто в ролі активаторів та інгібіторів виступають атоми металів або іони, які входять до складу



різних солей. Так активність амілази підвищується за наявності йоду, хлору і гальмується під дією іону міді.

### **Хід роботи:**

1. Приготувати розчин амілази  
Наважку 3 г пророслого насіння помістити у фарфорову ступку. Залити, поступово розтираючи, 20 мл підігрітої до 40 °С дистильованої води. Відстояти 10 хв., потім відфільтрувати через складчастий фільтр.
2. У три великі пронумеровані пробірки налити:
  - у першу – 2 мл дистильованої води;
  - у другу – 1,8 мл води + 0,2 мл 1%-ного розчину хлористого натрію;
  - у третю – 1,8 мл води + 0,2 мл 1%-ного розчину сірчаної кислоти міді.
3. Додати по 2 мл розчину крохмалю, 1 мл витяжки амілази і поставити на водяну баню (температура 37 °С).
4. Через 5 хв. за допомогою окремих піпеток відібрати проби по 1,0 мл у маленькі пробірки і додати по 2-3 краплі розчину йоду.
5. Відмітити колір розчинів.
6. Відбір проб повторити через 10 і 15 хв.
7. Результати записати у таблицю 3.
8. Пояснити отримані результати, виявити активатор та інгібітор для амілази.
9. Зробити висновки.

### **Контрольні питання:**

1. Активатори ферментів.
2. Конкурентне і неконкурентне інгібування.
3. Інгібітори загальні і специфічні.
4. Інгібування алостеричного типу. Ретроінгібування. Приклади.
5. Шляхи регулювання ферментативної активності.

Таблиця 3. Вплив активаторів та інгібіторів на дію амілази

	Субстрат		Забарвлення розчину за наявності

№ пробірки		Час дії ферменту, хв.	вода	NaCl	CuSO <sub>4</sub>
1	Крохмаль				
2	-“-				
3	-“-				

#### Практична робота 4. ЗАЛЕЖНІСТЬ АКТИВНОСТІ ІНВЕРТАЗИ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ І РЕАКЦІЇ СЕРЕДОВИЩА

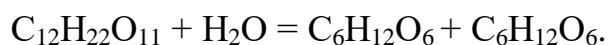
**Мета роботи:** визначити залежність активності інвертази від температури і реакції середовища (рН), виявити оптимальні умови для дії розщеплення цього ферменту.

**Об’єкти:** хлібні дріжджі (свіжі або сухі розмелені).

**Реактиви, обладнання:** 20%-ний розчин сахарози, фелінгова рідина, 15%-ний розчин оцтової кислоти, 0,1 Н розчин КОН, дистильована вода, штатив для піпеток, піпетки на 1, 5, 10 мл, ступка фарфорова, штатив для пробірок, пробірки пронумеровані – 8 шт., фарфорова чашка, чашка для об’єкта, крапельниця, термометр.

##### Принцип методу

Фермент інвертаза (сахароза) каталізує гідролітичне розщеплення сахарози на глюкозу і фруктозу:



Фелінгова рідина за наявності редукуючи цукрів, що мають вільну альдегідну (глюкоза) або кетонну (фруктоза) групи, утворює закис міді. При цьому синє забарвлення реактиву зникає і випадає червоний осад закису міді. Реакція відбувається нормально лише при 100 °С.

Активність інвертази буде обернено пропорційна кількості крапель досліджуваної рідини.

**Хід роботи:**

1. Отримати витяжку інвертази:

3 г дріжджів розтерти з 5 мл дистильованої води у фарфоровій ступці, долити 15 мл дистильованої води, підігрітої до 50 °С, знову розтерти і залишити на 10 хв. Після відстоювання використовувати верхній шар суспензії.

2. У чотири пронумеровані пробірки налити по 5 мл 20%-ного розчину сахарози.

3. Долити:

- у пробірку № 1 і № 2 – по 2 мл води;
- пробірку № 3 – 2 мл 15%-ного розчину оцтової кислоти;
- у пробірку № 4 – 2 мл 0,1н розчину їдкого калію.

4. Перемішати вміст кожної пробірки і долити по 1 мл суспензії з витяжкою інвертази.

5. Пробірку № 1 залишити при кімнатній температурі.

6. Інші три пробірки помістити у фарфорову чашку з підігрітою до 40-45 °С водою (температуру підтримувати) на 30 хв.

7. Через 20 хв приготувати другу партію з 4-х пробірок, в які налити по 2 мл елінгової рідини і по 2 мл дистильованої води.

8. По закінченні 30 хв (для першої партії пробірок) замінити воду у чашці на холодну для припинення гідролізу, охолодити всі чотири пробірки, вставити у штатив.

9. Пробірки другої партії (з фелінговою рідиною) по черзі поміщати у киплячу водяну баню, витримати 1 хв. і додавати з піпетки краплями розчин досліджуваної рідини з пробірок відповідних номерів першої партії, струшуючи та спостерігаючи за зміною кольору розчину і рахуючи краплі.

10. При зникненні синього кольору забарвлення і випаданні червоного осаду записати кількість крапель прилитого розчину. Результати записати у таблицю 4.

11. Зробити висновки про вплив температури (пробірки №1 і №2) і реакції середовища (№ 2, № 3 і № 4) на активність інвертази.

**Таблиця 4. Залежність активності інвертази від температури і реакції середовища**

№ пробірки	Перша партія пробірок			Друга партія пробіро		
	Розчин сахарози, мл	Реакція середовища	Температура, °C	Фелінгова рідина, мл	Дистильована вода	Кількість крапель досліджуваного розчину
1						
2						
3						
4						
5						

### Контрольні питання

1. До якого класу ферментів відноситься інвертаза?
2. Що таке коефіцієнт  $Q_{10}$ ?
3. Індуковані ферменти.
4. Ізоферменти.
5. В чому полягає відмінність між звичайними каталізаторами і ферментами?

На самостійне опрацювання у даному модулі виносяться питання:

1. Ліпоїди, нуклеїнові кислоти, вуглеводи та інші речовини протоплазми, їх функціональне значення
2. Відкладання запасних речовин у вегетативних органах дерев. Річний цикл перетворень запасних речовин (жирів, білків і вуглеводів) у тканинах деревних рослин.
3. Вітаміни, їх значення.
4. Захисні речовини. Біологічна роль живиці, дубильних речовин, алкалоїдів і глюкозидів, фенольних сполук. Фітонциди.
5. Будова і функціональна роль діктіосом, мікротілець (пероксисом, гліоксисом), лізосом і сферосом.
6. Ізоферменти.
7. Кофактори ферментів.
8. Імобілізовані ферменти.
9. Локалізація ферментів.

### **Контрольні питання та завдання до модуля**

#### **«Фізіологія і біохімія рослинної клітини»**

1. Які експериментальні методи застосовують для вивчення структури і функції клітин?
2. Як хімічний склад цитоплазми позначається на фізіологічній діяльності клітини?
3. Як визначити початок плазмолізу?
4. Чи здійснюється міжклітинне транспортування під час плазмолізу?
5. Яка функція клітинної стінки в осмотичних процесах рослинних клітин?
6. Назвіть механізми внутрішньоклітинних рухів.
7. Чи можна використовувати колхіцин для припинення руху цитоплазми?

8. Перерахуйте загальні особливості будови та властивості всіх мембран клітини.
9. Як зумовити плазмоліз клітин, що мають осмотичний потенціал клітинного соку 5 атм.?
10. У яких рослин більший осмотичний тиск клітинного соку: у рослин засолених чи незасолених ґрунтів; гідрофітів чи ксерофітів?
11. Клітина з осмотичним тиском клітинного соку 1МПа занурена в розчин КСl, осмотичний тиск якого 2 МПа. Що відбувається з клітиною?
12. Шматочки однієї і тієї самої рослинної тканини занурені у розчин 1М сахарози і 1М NaCl. У якому з цих розчинів плазмоліз більш виражений?
13. Як пояснити відсутність зворотної дифузії поглинутих клітинами барвників (метиленовий синій, нейтральний червоний).
14. Чому плазмолізовані в розчині сечовини клітини досить швидко деплазмолізуються?
15. Клітина занурена в дистильовану воду. Опишіть можливі варіанти переміщення води в цій системі.
16. Чому під час тривалих дощів соковиті плоди (вишні, черешні, абрикоси) розтріскуються?
17. Молярні розчини КСl і CaCl<sub>2</sub> розділені напівпроникною мембраною. Об'єм якого розчину збільшуватиметься?
18. Що відбуватиметься з клітиною, що має осмотичний потенціал клітинного соку 10 атм, якщо її занурити в ізотонічний розчин, а в гіпотонічний?
19. За допомогою яких цитофізіологічних реакцій можна діагностувати живі та мертві клітини?
20. Білки- їх склад, будова, функції.

21. Ліпіди - їх склад, будова, функції.
22. Вуглеводи - їх склад, будова, функції.
23. Вітаміни - їх склад, будова, функції.
24. Алкалоїди.
25. Дубильні речовини.
26. Феноли і фенольні сполуки.
27. Терпени і терпеноїди
28. Цитоплазматичні мембрани - їх склад, будова, функції.
29. Клітина як відкрита енергетична система.
30. Загальні уявлення про метаболізм у рослинах.
31. Ферменти – загальна характеристика.
32. Будова і склад ферментів. Локалізація ферментів.
33. Механізм і енергетика ферментативного каталізу.
34. Історія розвитку фізіології рослин. Видатні вчені – фізіологи рослин.
35. Шляхи регулювання ферментативної активності.
36. Активатори й інгібітори ферментів.
37. Конкурентне й неконкурентне інгібування.
38. Номенклатура і класифікація ферментів.
39. Сучасні напрямки досліджень у фізіології рослин.

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ВОДООБМІН

### Практична робота 5. **ВИЗНАЧЕННЯ ОСМОТИЧНОГО ТИСКУ МЕТОДОМ ДЕ-ФРІЗА**

**Мета роботи:** визначити ізотонічну концентрацію плазмолітика і розрахувати величину осмотичного тиску в клітинах об'єкта.

**Об'єкти:** листки традесканції або цибулина цибулі з антоціаном, червонокачанна капуста.

**Реактиви, обладнання:** молярні розчини калійної селітри, хлористого натрію або сахарози, дистильована вода, мікроскоп, предметні й покривні скельця – 6 шт., годинникове скло, препарувальна голка, лабораторний штатив з двома бюретками, штатив з пляшечками (6 шт.).

#### **Принцип методу**

Метод Де-Фріза дає змогу визначити осмотичний тиск у клітині за ізотонічною концентрацією розчинів сахарози або мінеральних солей.

Якщо між двома розчинами різної концентрації знаходиться напівпроникна мембрана, що затримує молекули розчиненої речовини, то через неї будуть проходити лише молекули розчинника (води). Тиск, який треба прикласти до розчину, щоб перешкодити надходженню до нього розчинника крізь мембрану, називають осмотичним.

Визначення осмотичного тиску базується на властивості цитоплазми клітини, яка відіграє роль мембрани, пропускати воду в напрямі більшої концентрації.

Якщо клітини занурити у гіпертонічний розчин, то, внаслідок втрати води, клітини перейдуть у стан плазмолізу. Ступінь плазмолізу залежить від різниці концентрацій у клітині й зовнішнього розчину. Якщо концентрація зовнішнього розчину однакова (гіпотонічна), то плазмолізу не буде.

Для визначення осмотичного тиску клітинного соку тонкі зрізи досліджуваної тканини занурюють у розчин плазмолітика різної концентрації, потім знаходять концентрацію, що викликає початок плазмолізу в клітинах. Концентрація



ізотонічного розчину дорівнюватиме середньому арифметичному між концентрацією цього розчину і наступним, де плазмоліз відсутній.

### Хід роботи

1. Згідно з таблицею 5 приготувати розчини плазмолітика (солі або сахарози). Для цього змішати у пляшечках відповідні об'єми молярного розчину плазмолітика і дистильованої води. Кожну пляшечку струсити.
2. Приготувати тонкі зрізи досліджуваної тканини і помістити їх у воду в маленьку фарфорову чашечку.

Таблиця 5. Вплив концентрації плазмолітика на стан клітин

Концентрація розчину, М	На 10 мл розчину взяти, мл		Початок досліду	Кінець досліду	Ступінь плазмолізу
	сахарози	води			
0,6	6	4			
0,5	5	5			
0,4	4	6			
0,3	3	7			
0,2	2	8			
0,1	1	9			

3. Через декілька хвилин зрізи покласти у розчини, починаючи з найбільш концентрованого (першої пляшечки), з інтервалом 5 хв.
4. Витримати зрізи протягом 30 хв, а потім приготувати препарати.
5. Для цього на предметне скло помістити краплю розчину з пляшечки і зріз епідермісу, накрити покривним склом і розглянути під мікроскопом при малому збільшенні.
6. Звернути увагу на клітини, розташовані по краях зрізу, визначити ступінь їхнього плазмолізу: відсутній, слабкий, середній, сильний. Відмітити в таблиці, замалювати.

7. Встановити ізотонічну концентрацію (С): нею буде та, у якій ступінь плазмолізу різко знижується, порівняно з попередньою концентрацією.

8. Розрахувати осмотичний тиск (Р) за рівнянням Вант-Гоффа:

$$P=RTCi,$$

де **R** – газова стала (0,0821); **T** – абсолютна температура (t + 273 °С); **i** – ізотонічний коефіцієнт (для сахарози дорівнює 1, для калійної селітри і хлористого натрію – 1,5).

9. Зробити висновок про зв'язок ступеня плазмолізу клітини з концентрацією зовнішнього розчину.

### **Контрольні питання**

1. Що таке плазмоліз, циториз? Коли виникає такий стан клітини?
2. Як змінюються осмотичні показники рослин (осмотичний тиск, всисна сила) влітку протягом доби?
3. Яке значення має різниця водного потенціалу (всисна сила) тканини для життєдіяльності рослин?
4. Чому буде дорівнювати величина всисної сили за максимального тургорного тиску.

## **Практична робота 6. ВИЗНАЧЕННЯ ВСИСНОЇ СИЛИ КЛІТИНИ**

**Мета роботи:** встановити ізотонічну концентрацію плазмолітика, розрахувати величину всисної сили рослинних клітин.

**Об'єкти:** столовий буряк.

**Реактиви, обладнання:** 1М розчин сахарози, або 1 М розчин кухонної солі, дистильована вода, метиленова синька – 0,2%-ний розчин, лабораторний штатив з двома бюретками, скальпель, коркове свердло, скляний бюкс, крапельниця, штатив для пробірок, великі пробірки – 6 шт., малі пробірки – 6 шт., піпетка на 1 мл, скляна паличка, смужки фільтрувального паперу.

### **Принцип методу**

Сила з якою клітина поглинає воду називається всисною (S) величина всисної сили залежить від ступеня набубнявіння біополімерів протоплазми і клітинної

оболонки, від осмотичного тиску клітинного соку, від тургорного тиску, який у свою чергу визначається еластичністю оболонки і вмістом води в клітині. У сухому насінні й меристематичних тканинах вирішальне значення має набубнявіння. У клітинах, що завершили ріст і мають велику вакуолю, всисна сила залежить від осмотичних властивостей клітини. Її можна визначити за формулою:

$$S = P - T,$$

де  $S$  – всисна сила;

$P$  – осмотичний тиск клітинного соку;

$T$  – тургорний тиск.

Залежно від всисної сили клітин та концентрації розчину зовнішнього середовища, рослинні клітини (тканини) можуть поглинати або віддавати воду.

Метод струминок (за Шардаковим В.С.) полягає у визначенні зміни концентрацій розчинів після перебування в них рослинних тканин. Якщо клітини зануреної у розчин тканини поглинають воду, то розчин стане більш концентрованим, ніж до занурення. Якщо ж при зануренні тканин вода з клітин виходить у зовнішній розчин, то концентрація цього розчину стане меншою від початкової. Із зміною концентрації змінюється питома вага розчину. Порівняння концентрацій кожного із розчинів після перебування у них об'єктів з вихідними концентраціями дозволяє знайти таку, що не змінилася, тобто ізотонічну.

### **Хід роботи**

1. У великих пронумерованих пробірках змішати відповідні об'єми молярного розчину сахарози (кухонної солі) і дистильованої води згідно з таблицею 6.
2. Ретельно перемішати вміст пробірок і відібрати з кожної у відповідно пронумеровану малу пробірку 0,5 мл розчину.
3. За допомогою свердла приготувати 6 однакових за розмірами і фізіологічним станом кружечків з коренеплоду столового буряка.
4. Щоб запобігти підсиханню, кружечки помістити у скляний бюкс з притертою кришкою.

Таблиця 6. Спостереження за зміною концентрації вихідного розчину

№ пробірки	Концентрація розчину, М	Для 10 мл розчину взяти, мл		Напрямок руху струминок
		сахароза (сіль)	вода	
1	0,6	6	4	
2	0,5	5	5	
3	0,4	4	6	
4	0,3	3	7	
5	0,2	2	8	
6	0,1	1	9	

5. Опустити по кружечку у кожену малу пробірку, починаючи з найменшої концентрації, з інтервалом 3 хв.

6. Об'єкти витримати у розчинах протягом 30-40 хв, періодично струшуючи.

7. Визначити зміну питомої ваги розчинів після перебування в них зразків тканин: набрати зафарбовану рідину у кінчик крапельниці, занурити її у відповідну велику пробірку з вихідним розчином на глибину 1,5 – 2 см і повільно випустити розчин. Слідкувати за напрямом руху цього розчину.

Якщо питома вага розчину стала меншою, то струминка піде вгору. У випадку збільшення питомої ваги вона піде вниз. Напрямок руху струминки показати стрілочкою в таблиці 8. При рівності питомої ваги обох розчинів крапля зафарбованої рідини залишається на місці – це буде ізотонічний розчин плазмолітика. Кожний розчин треба набирати ретельно протертою фільтрувальним папером піпеткою. У випадку відсутності серед досліджуваних розчинів ізотонічного, його розраховують як середню арифметичну між двома сусідніми пробірками з різними напрямками струминок.

В ізотонічному розчині тургорний тиск в клітині відсутній, тобто:

$$S = P.$$

Тому всисну силу розраховують, користуючись рівнянням Вант-Гоффа:

$$S = P = CRT_i,$$

де  $C$  – ізотонічна концентрація;

$R$  – газова стала 0,0821;

$T$  – абсолютна температура (273 + кімнатна температура);  $i$  – ізотонічний коефіцієнт (для розчину сахарози – 1, для розчину кухонної солі – 1,5).

### **Контрольні питання**

1. Фізіологічне значення всисної сили?
2. Як впливає на поглинальну діяльність корневих волосків клітин концентрація ґрунтового розчину?
3. Як впливає на всисну силу концентрація клітинного соку та ґрунтового розчину?
4. Пояснити, чому під час посухи ризиковано вносити добрива під посіви.
5. У яких випадках клітини віддають воду оточуючому середовищі?
6. Яким чином поглинута рослиною вода приймає участь в утворенні сухої речовини рослинного організму?

## **Практична робота 7. ПОГЛИНАЛЬНА ДІЯЛЬНІСТЬ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ. ЯВИЩА ГУТАЦІЇ І ПЛАЧУ**

**Мета роботи:** виявити залежність поглинання води від температури і вологості.

**Об'єкти:** водяна культура паростків в трьох стаканах під ковпаком.

**Реактиви, обладнання:** водяна баня, скляний ковпак, бритва, смужки фільтрувального паперу, термометр.

### **Принцип методу**

Коренева система поглинає воду з ґрунту і активно подає її у наземні органи завдяки кореневому тиску. Про існування кореневого тиску свідчать явища гутації і плачу. Явище плачу спостерігається при пошкодженні провідних органів – виділяється рідина (пасока). Якщо кількість води, поглинутою кореневою системою,

більша кількості транспіровано наземними органами, то надлишок води видаляється у вигляді крапель на кінчиках листків – це гутація.

### Хід роботи

1. На кожному стакані зрізати один з проростків на висоті 1 см від паперового кружка, або поновити зріз раніше зрізаного паростка.
2. Зняти за допомогою смужки фільтрувального паперу краплі води з цього та інших паростків.
3. Приготувати кристалізатор з водою 35 °С.
4. Перший стакан залишити, як є, з другого і третього стаканів вилити воду і замінити її водою з температурою 35 °С.
5. Перший стакан поставити на стіл при кімнатній температурі й накрити ковпаком.
6. Другий і третій стакани занурити у кристалізатор з водою з 35 °С.
7. Другий стакан з паростками накрити ковпаком, третій – залишити відкритим.
8. Спостерігати за появою крапель на зрізаному (плач) і непошкодженому (гутация) паростках, відмітити час.
9. Результати занести у таблицю 7 і зробити висновки про вплив зовнішніх умов на поглинальну діяльність кореневої системи.

Таблиця 7. Вплив зовнішніх умов на швидкість гутації і плачу

Умови \ Явища	Час настання		
	1 стакан	2 стакан	стакан
Гутація			
Плач			

### Контрольні питання

1. Корінь як орган поглинання.
2. Від чого залежить поглинальна діяльність кореневої системи?
3. Кореневий тиск.

4. Теорії Прістлі, Сабініна.
5. Гутація.
6. Плач.
7. Висхідна течія води.

## Практична робота 8. **ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТРАНСПІРАЦІЇ**

**Мета роботи:** визначити інтенсивність транспірації у різних видів рослин ваговим методом; визначити інтенсивність випаровування води з відкритої поверхні, розрахувати показники транспірації.

**Об'єкти:** свіжозрізані гілки з листками різних видів деревних рослин.

**Реактиви, обладнання:** електричні ваги, пеніцилінові флакони, чашка Петрі, бритва, ножиці, папір фільтрувальний, чашка випаровувальна.

### **Принцип методу**

Транспірація – це процес випаровування води рослиною. Вона тісно зв'язана з фотосинтезом, диханням, надходженням мінеральних елементів в рослину, перетворенням і рухом органічних речовин, ростом, розвитком і іншими процесами. Основним кількісним показником транспірації є інтенсивність, тобто, кількість води, яку випаровує одиниця поверхні рослини за одиницю часу. Величина інтенсивності транспірації коливається у великих межах. Вона залежить як від зовнішніх умов, так і від виду рослини (спадкової основи організму). Основною одиницею інтенсивності транспірації є мг  $H_2O$ /дм<sup>2</sup>хгод.

### **Хід роботи.**

1. Налити у випаровувальну чашку водопровідну воду, занурити черешок листка і під водою бритвою відрізати його частину (близько 0,5 см), у якій могло бути повітря.
2. Листок швидко вставити у флакон і зважити з точністю до 0,01 г.
3. У чашку Петрі налити водопровідної води і зважити з точністю до 0,01 г.
4. Пеніцилінові флакони з листками і чашку Петрі залишити на годину при кімнатній температурі. Через годину знову зважити. Різниця у вазі покаже кількість

випаруваної води з даної листкової пластинки та відкритої поверхні води у чашці Петрі.

5. У досліді включаємо різні деревні породи. Крім цього з допомогою електроплиток створюємо різні температурні умови для проведення досліджень. Одночасно з постановкою дослідів по вивченню транспірації визначаємо температуру повітря.

6. Якщо в дослід взята хвойна рослина, то площу хвої визначаємо з розрахунку: 1 г сирої хвої дорівнює 33 см<sup>2</sup>.

7. Отримані дані записати у таблицю 8.

Інтенсивність транспірації характеризується кількістю води у г, яка випаровується з одиниці площі (1 дм<sup>2</sup> або м<sup>2</sup>) за годину.

8. Для визначення площі листка після закінчення досліду його виймають з флакона, накладають на папір, обводять контур, обводять контур, вирізають і зважують паперовий контур листка.

9. З цього ж паперу вирізати квадрат 10 x 10 см<sup>2</sup> і зважити. Вам буде відома площа 100 см<sup>2</sup>.

10. Невідома площа листка знаходиться з пропорції:  $\frac{100 \text{ см}^2 - a}{S - b}$ ,

$$S = (b \times 100) : a,$$

де S - площа листка, см<sup>2</sup>;

a – вага квадрата, г;

b – паперового контуру листка, г.

9. Визначити площу чашки:

$$S = \pi r^2.$$



Таблиця 8. **Інтенсивність транспірації води з поверхні листків**

Об'єкт	Тривалість досліду, х	Вага об'єкта, г		Різниця вази, г, п	Площа листка, чашки, с	Інтенсивність транспірації, г.м2/год	Відносна транспірація, %
		на початку	по закінченню				

10. Інтенсивність транспірації з листової поверхні  $J$  у г. м<sup>2</sup>/год розрахувати за формулою:

$$J = (n \times 10000):S,$$

де  $n$  – кількість випаровуваної води, г;  $S$  – площа листка, см<sup>2</sup>;

10000 – коефіцієнт для переведення см<sup>2</sup> у м<sup>2</sup>.

11. розрахувати вільне випаровування води ( $E$ ):

$$E = (n \times 10000):S,$$

де  $n$  – кількість випаровуваної води, г;  $S$  – площа чашки, см<sup>2</sup>;

10000 – коефіцієнт для переведення см<sup>2</sup> у м<sup>2</sup>.

12. Відносну транспірацію ( $B$ ) знайти за формулою:

$$B = (J \times 10000):E.$$

13. Зробити висновки.

#### Контрольні питання

1. Транспірація – її види, значення.
2. Охарактеризуйте кутикулярну транспірацію.
3. Охарактеризуйте продихову транспірацію.
4. Показники транспірації.
5. Шляхи регулювання інтенсивності транспірації.

На самостійне опрацювання у даному модулі виносяться питання:

1. Швидкість водного потоку в деревині хвойних і листяних порід і методи її визначення.
2. Евапотранспірація.
3. Зав'ядання і його фізіологічне значення. Коефіцієнт зав'ядання і методи його визначення.
4. Сезонні зміни кореневого тиску в деревних рослин.
5. Регулювання водного режиму рослин. Антитранспіранти.
6. Водообмін лісу.
7. Водоємність лісу.
8. Використання транспірації у практичних цілях.

### **Контрольні питання до модуля «Водообмін»**

1. Що зумовлює поглинання води коренями у разі слабкої та сильної транспірації? Як вода рухається від корневих волосків до ксилеми центрального циліндра?
2. Чому під час посухи не можна підживлювати рослини?
3. Посуха і засолення ґрунтів аналогічно впливають на поглинання води рослинами. Як це можна пояснити?
4. У рослини, корені якої занурені у воду, при додаванні солей наступає в'янення. Через деякий час тургор може відновитися. Як це можна пояснити?
5. Поясніть, чому вода у деревних рослин піднімається на висоту, значно більшу ніж 10 м (максимально на таку висоту можна підняти воду механічним насосом).
6. Як можна виміряти швидкість пересування води в стовбурах дерев, не порушуючи їхньої цілісності?
7. Що запобігає розриву водних тяжів у ксилемі?
8. Опишіть, який зв'язок між фотосинтезом і надходженням калію в рослину?
9. Як пояснити в'янення теплолюбних рослин за низьких позитивних температур?
10. По якій тканині стебла йде висхідний потік?

11. Маса листка клена в стані повного насичення 1,53 г, а після в'янення – 1,26 г. Якою буде величина водного дефіциту листка (у відсотках), якщо маса сухої речовини дослідного листка 0,67 г?
12. Як пояснити механізм закривання та відкривання продихів?
13. Які шляхи випаровування води рослиною, крім продихів? 14. Які існують механізми відведення тепла від рослини, крім транспірації?
15. Що таке водний баланс рослини і які його складові частини?
16. Що таке водний дефіцит і які види його ви знаєте?
17. Яка інтенсивність транспірації листків липи площею 780 см<sup>2</sup>, коли відомо, що за 20 хв. їхня маса зменшилася з 21,7 до 12,7 г?
18. Що таке відносна транспірація і про що вона свідчить?
19. Що розуміють під транспіраційним коефіцієнтом? Рослина за вегетаційний період випаровує 600 кг води і нагромаджує 3 кг сухої речовини. Який у неї транспіраційний коефіцієнт?
20. Що таке продуктивність транспірації? Підрахуйте продуктивність транспірації, якщо відомо, що за вегетаційний період рослини пшениці випарували 525 кг води і утворили 2,5 кг органічної маси.
21. Що таке водний потенціал і які його складові?
22. Які анатомо-морфологічні пристосування рослин сприяють посиленню їхньої водоутримної здатності?
23. Які структурні та функціональні показники можна використовувати для діагностики стану водозабезпечення рослин?
24. Чому тріскаються зрілі плоди після інтенсивних тривалих дощів?
25. Клітина як осмотична система. Термодинамічні основи надходження води до клітини.
26. Форми води у ґрунті та їх доступність рослинам.
27. Транспірація – її види та шляхи регулювання.
28. Кореневий тиск – природа виникнення і значення.
29. У чому різниця між явищами гутації і плачу? Що спільного?
30. Висхідна течія – механізми забезпечення і основні ділянки.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. МІНЕРАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН**

### **Практична робота 9. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЗОЛИ У РІЗНИХ ОРГАНАХ РОСЛИН**

**Мета роботи.** Визначити кількість золи в корі, деревині, листках, коренях деревних рослин (яблуня, дуб, липа, береза тощо) методом сухого озолення матеріалу.

**Об'єкти:** кора, деревина, листки, корені.

**Реактиви, обладнання:** етиловий спирт; аналітичні ваги, технічні ваги, ексикатор, порцелянові тиглі, муфельна піч, електрична плитка, скальпелі, кавомолка.

#### **Принцип методу**

Елементи живлення в рослинному організмі розподілені нерівномірно. Так, атрагуючим центром для мікроелементів є листки. Це пов'язано з основною функцією листка зеленої рослини – фотосинтезом, транспірацією і синтезом різноманітних органічних сполук. Рослинний матеріал, який висушують за температури  $100\div 105$  °С містить органічні та мінеральні речовини. Для визначення вмісту мінеральних елементів необхідно провести озолення (спалювання) рослинного матеріалу. За час спалювання органічні речовини вилучаються у вигляді  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ , а залишок – зола – містить мінеральні елементи, розчинні в неорганічних розчинниках. Кількість золи у рослині та її склад непостійні. Вона залежать від виду рослини, органу, ґрунтово-кліматичних умов вирощування тощо. Найбільше золи у листках –  $10\div 15$  %, у корі – 7 %, у стеблах –  $4\div 9$  %, насінні – 3 %, деревині – 1 %. Існує два основних способи мінералізації рослинного матеріалу – сухе і мокре озолення. Метод сухого озолення застосовується для аналізу вмісту майже всіх макро - і мікроелементів. Перед озоленням наважку рослинного матеріалу подрібнюють у ступці, або в кавомолці, висушують за температури 105 °С, зважують у тиглях на аналітичних терезах. Сухе озолення проводять у порцелянових, кварцових або металічних тиглях у муфельній печі за температури  $450\div 500$  °С протягом  $4\div 6$  год. Охолоджені тиглі зважують.

Прожарювання і зважування повторюють до встановлення сталої маси. Після повного спалювання матеріалу зола в більшості випадків має світло-сірий, майже білий колір. Якщо матеріал має багато заліза, то зола набуває червоно-бурого кольору, а марганцю – зеленуватого. Методом сухого спалювання отримують «сиру золу», бо вона містить домішки (солі, оксиди, пісок). «Сира зола» також втрачає певну кількість фосфору, калію, сірки. Мокре озолення – основний спосіб розкладання органічних сполук азоту та фосфору, крім того, за цим методом не вилучаються калій та сірка, бо температура під час процесу не піднімається вище 340 °С. Його застосовують у разі точного визначення фосфору, калію, сірки та деяких інших елементів. Наразі, коли визначають бор, застосовують лише сухе озолення, бо основна частина сполук бору випаровується з парами води і кислоти. Для озолення застосовують азотну і сірчану кислоти. Об'єкт дослідження спалюють в колбах К'ельдаля місткістю 100÷250 мл. У разі мокрого озолення проводять контрольний дослід без рослинного матеріалу, що дає змогу вносити поправки на вміст певного елемента в реактивах.

### **Хід роботи**

1. Рослинний матеріал подрібнити у кавомолці та висушити за температури 105 °С до сухої маси.
2. Порцелянові тиглі пронумерувати графітним олівцем (краще насиченим розчином нітрату кобальту), прожарити у муфельній печі, перенести в ексікатор, охолодити і зважити на аналітичних вагах.
3. У тиглях зважити сухий рослинний матеріал (1÷2 г).
4. Сухий матеріал кілька разів залити 1÷2 мл етилового спирту та підпалити.
5. Тигель поставити на електричну плитку і прожарити впродовж 5÷6 хв.
6. Перенести тиглі в ексікатор, охолодити, зважити й обчислити вміст золи у рослинному матеріалі за формулою:

$$X = \frac{a \cdot 100 \%}{H},$$

де X – вміст золи в рослинному матеріалі, %; a – кількість «сирої золи», г; H – наважка повітряно-сухої речовини, г; 100 – для перерахунку у відсотки.

Примітка. Отриману «сиру золу» використовують для визначення макро- та мікроелементів. Результати роботи записати у таблицю 9. Зробити висновки

Таблиця 9. **Визначення вмісту золи у різних органах рослин**

Об'єкт дослідження	Частина рослини	№ тигля	Маса тигля, г			Маса, г		Уміст золи, %
			порожнього	з наважкою	із золою	наважки	золи	

### Контрольні питання

1. Охарактеризуйте хімічний склад рослин.
2. Назвіть методи мінералізації рослинного матеріалу.
3. У яких випадках проводять мокре та сухе озолення?  
Які переваги та недоліки кожного з цих методів?
4. Якими методами визначають вміст золи?
5. Чому у рослин в одних органах вміст золи вищий (листки), ніж у інших (деревина)?
6. Які фактори впливають на зміну якісного та кількісного складу золи?
7. Чи впливає вік рослини на кількісний і якісний склад золи?

### Практична робота 10. **МІКРОХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗОЛИ**

**Мета роботи:** ознайомитися з мікрохімічними (крапельними) методами аналізу елементів і визначити елементний склад листків залежно від умов живлення та віку рослин.

**Об'єкти:** зола листків різних видів рослин

**Реактиви, обладнання:** дистильована вода, аміак, 10 %-й розчин соляної кислоти, 1 %-ві розчини: сульфату талію, хлориду платини, сірчаної кислоти, фосфату натрію, молібдату амонію в азотній кислоті, нітрату стронцію, жовтої кров'яної солі, тартрату натрію, щавлевої кислоти, гідрату нітрату меркурію (I), ацетату свинцю, нітрату срібла, комплексна натрієва мідно-свинцева нітратна сіль  $\text{Na}_2\text{CuPb}(\text{NO}_2)_6$  для аналізу на калій; пробірки (по чотири на студента), скляні палички, штативи для пробірок, предметні стекла, маленькі лійки, мікроскопи, фільтрувальний папір, порцелянові пластинки. Приготування реактиву: • сіль  $\text{Na}_2\text{CuPb}(\text{NO}_2)_6$ : 2 г  $\text{NaNO}_3$  (що не містить калію), 0,9 г  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  розчиняють у 15 мл дистильованої води, підкисленої 0,2 мл 30 %-ї оцтової кислоти. Отриманий розчин зберігають у склянці з притертою кришкою.

### **Принцип методу**

Серед усіх поживних елементів у рослин 24 хімічні елементи є життєво необхідними, 21 елемент вважають умовно необхідними. Життєво необхідні – це елементи, без яких рослина не може повністю закінчити цикл свого розвитку і які не можуть бути замінені іншими елементами. Фізіологічне значення умовно необхідних елементів остаточно не досліджено. Елементи, необхідні рослинам, відносяться до різних груп періодичної системи елементів Менделєєва. Наразі слід зазначити, що у високих концентраціях більшість елементів токсичні для рослин. Для встановлення хімічного складу золи застосовують мікрохімічний метод – якісні реакції, в результаті яких утворюються характерні для певних речовин кристали або забарвлення розчину. Цей метод не потребує значної кількості матеріалу. Аналіз дає змогу виявляти як макро-, так і мікроелементи.

### **Хід роботи**

Мінеральні речовини, що входять до складу золи, розчинні у воді, або кислоті. Тому для мікрохімічного аналізу готують два розчини золи: у воді та в 10 %-й соляній кислоті.

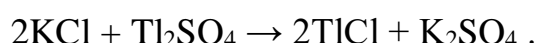
1. Приготування водної і кислотної витяжки золи – у дві пробірки внести по 1 см<sup>3</sup> золи та додати: в першу 5 мл води, а в другу – 5 мл 10 %-ї  $\text{HCl}$ , розчини ретельно

перемішати скляною паличкою (для кожної пробірки окремою). За 2÷3 хв. відфільтрувати крізь паперовий фільтр у чисті сухі пробірки.

2. На предметне скло на відстані 1 см нанести краплину витяжки золи (водної або кислотної, відповідно до елемента, який визначається) і краплину відповідного реактиву.

### 2.1. Виявлення хлору

Використовують водну витяжку золи. • Реактивом на хлориди є сірчаноокислий талій ( $\text{Ti}_2\text{SO}_4$ ). Між хлоридами і сульфатом талію відбувається реакція:



У результаті реакції хлорид талію випадає у вигляді кристалів хресто- або мечоподібної форми. Внаслідок значного заломлення променів ці кристали мають чорний колір. Сульфат талію можна замінити нітратом талію. •

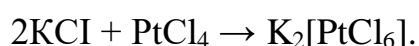
Як реактив на хлориди використовують також розчин нітрату срібла  $\text{AgNO}_3$ . Хлориди з  $\text{AgNO}_3$  утворюють білий осад (реакція відбувається у пробірці).

### 2.2. Виявлення калію

Для реакції використовують як водну, так і кислотну витяжку золи залежно від реактивів.

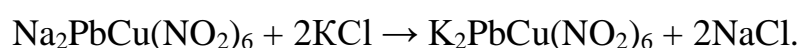
Реактив тартрату натрію однозаміщеного  $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  з нейтральним розчином солей калію утворює кристали тартрату калію однозаміщеного  $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  у вигляді великих призм і пластинок. Для реакції використовують водний розчин, який обов'язково доводять до нейтрального рН, оскільки кристали тартрату калію однозаміщеного добре розчиняються в кислотах і лугах. •

Реактив – хлорид платини  $\text{PtCl}_4$ . Використовують водний або кислотний розчини. Відбувається реакція:



У результаті реакції утворюються жовто-зелені октаедричні кристали гексахлорплатинату калію, інколи у вигляді тетраєдрів і кубів.

• Реактив комплексної солі  $\text{Na}_2\text{PbCu}(\text{NO}_2)_6$ . Використовують водну витяжку золи. Відбувається реакція:



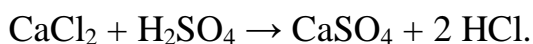


Через деякий час утворюються свинцево-чорні і темно-коричневі кристали свинцево-мідного нітрату калію.

### 2.3. Виявлення кальцію

Для реакцій на кальцій і наступні елементи використовують кислотну витяжку золи.

• Реактив – сірчана кислота. Відбувається реакція:

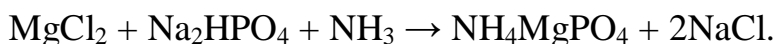


У результаті реакції утворюються характерні довгі тонкі голки гідратованого сульфату кальцію  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (гіпс), потім голки об'єднуються в структури, що нагадують сніжинки, які накопичуються одна на одну. Голки можуть переходити в тонкі призми та маси пластинок, що накопичуються одна на іншу.

• Реактив – шавлева кислота. У результаті реакції випадають кристали оксалату кальцію ( $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) у вигляді октаєдрів, кубів, інколи хрестів.

### 2.4. Виявлення магнію

Реактив – фосфат натрію  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . Спочатку в краплину досліджуваної рідини додають краплину аміаку для нейтралізації і вже потім з'єднують із реактивом дугоподібним каналом. Відбувається реакція:



У результаті реакції утворюються кристали фосфорно-аміачно-магнезіальної солі у вигляді кришечок, сніжинок, крил, квадратів, прямокутників, зірок.

### 2.5. Виявлення фосфору

• Реактив – 1 %-й розчин молібдату амонію в 15 %-й азотній кислоті. Відбувається реакція:



У результаті реакції випадає жовто-зелений осад дрібних кристалів фосфоромолібдату амонію. З часом осад набуває інтенсивнішого забарвлення.

• Реактив – гідрат нітрат меркурію (I)  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ . У результаті реакції утворюється осад фосфату меркурію у вигляді пучків, голок, кристалічних розеток.

### 2.6. Виявлення сульфур

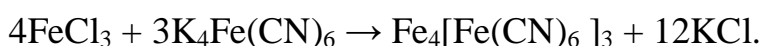
• Реактив – азотнокислий стронцій  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ . Відбувається реакція:  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Sr}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{SrSO}_4 + 2\text{NaNO}_3$ .

У результаті реакції випадає дрібнокристалічний осад сульфату стронцію. Кристалики мають заокруглену форму.

• Реактив – нітрат срібла  $\text{AgNO}_3$ . У результаті реакції утворюються кристали сульфату срібла  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ , які мають форму витягнутих шестикутників і ромбів. Охолодження може прискорити формування кристалів. • Реактив – ацетат свинцю  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ . У результаті реакції утворюються дуже дрібні кристали сульфату свинцю у вигляді довгих голок, зірок, ромбів.

### 2.7. Виявлення феруму

• Реактив – жовта кров'яна сіль  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ . Реакція відбувається у пробірці або на порцеляновій пластинці. До кількох краплин досліджуваної рідини поступово додати кілька краплин 1 %-го розчину жовтої кров'яної солі. Відбувається реакція:



Наявність заліза визначають за утворенням берлінської лазурі яскраво-синього забарвлення.

3. Препарувальною голкою з'єднати обидві краплини дугоподібним каналом.

*Примітка.* Препарат можна злегка підсушити над полум'ям спиртівки. Однак слід пам'ятати, що тільки за повільної кристалізації утворюються великі, правильно сформовані кристали. Необхідно також уникати повного перемішування краплин, тому що відбудеться швидка кристалізація – випадуть дуже дрібні кристали, які майже непомітні в полі зору мікроскопа. Скляні палички і мікропіпетки після нанесення реактиву слід вимити і витерти фільтрувальним папером, щоб його залишки не заважали наступній реакції.

4. Препарат розглянути під мікроскопом без накривного скельця (об'єктив х8, х10, окуляр х15)

5. Результати мікрохімічного аналізу записати у таблицю 10.

Таблиця 10. Мікрохімічний аналіз золи

Елемент	Витяжка золи (водна, кислотна)	Реактив	Аналітична реакція	Візуальний ефект

### Контрольні питання

1. Як класифікують поживні елементи за їхнім вмістом у рослинах?
2. Які поживні елементи є життєво та умовно необхідними для рослин?
3. За якими критеріями хімічний елемент можна вважати життєво необхідним?
4. Для чого готують водну і кислотну витяжку золи?
5. Чому для одержання зольних елементів використовують соляну, а не інші кислоти?
6. Як виявити калій, кальцій, магній та інші елементи в золі?
7. Для чого проводять аналіз золи рослин?



Рис. 1. Форма кристалів під мікроскопом:

1- талію хлорид, 2 – калію нітрат свинцево-мідний, 3 – кальцію сульфат, 4 – ортофосфат амонія-магнія, 5 – амоній фосфорно-молібденовий.

## Практична робота 11: ДІАГНОСТИКА ПОТРЕБИ У ДОБРИВАХ ЗА ХІМІЧНИМ АНАЛІЗОМ СОКУ РІЗНИХ ВИДІВ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН

**Мета роботи:** виявити особливості нагромадження нітратів, а також фосфору і азоту у різних частинах рослин; визначити потребу рослин в азоті, фосфорі і калію.

**Об'єкти:** листки, пагони, корінці різних деревних порід.

**Обладнання та реактиви:** предметні скельця, скляні палички, 1%-ний розчин сірчаноокислого дифеніламіну, бензидин, насичений розчин оцтовокислого натрію  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , кобальтнітрат натрію, 2Н соляна кислота, фільтрувальний папір.

### Принцип методу

Азот засвоюється рослинами у вигляді амонійних або нітратних солей. Солі азотної кислоти (нітрати), що засвоюються рослиною, проходять складний шлях відновлення до аміаку. Останній вступає в реакцію з органічними кислотами, утворюючи амінокислоти. Однак, відновлення нітратів може проходити як в кореневій системі рослини, так і в фотосинтезуючих органах. Вивчення наявності про умови мінерального живлення і забезпеченість рослин тими чи іншими мінеральними елементами.

### Хід роботи

#### 1. Виявлення нітратів

1.1. Зробити зрізи листків, пагонів, корінців різних деревних порід і розмістити на предметне скло.

1.2. Подіяти на досліджувані зразки 1%-ним розчином сірчаноокислого дифеніламіну і визначити інтенсивність забарвлення.

1.3. За інтенсивністю забарвлення встановити наявність нітратів у досліджуваних органах деревних рослин у відповідності з табл.11.

Таблиця 11. Шкала потреби рослини в азотних добривах

Забарвлення зрізів	Бал	Потреба рослини в азотних добривах
Зріз і розчин швидко й інтенсивно забарвлюються у синьо-чорний колір	6	Надлишок нітратів
Зріз і розчин негайно забарвлюються у темно-синій колір, забарвлення зберігається деякий час	5	Достатня кількість
Зріз і розчин забарвлюються у синій колір, забарвлення з'являється через деякий час	4	Слабка потреба
Зріз і розчин забарвлюються у світло-синій колір, забарвлення зникає через 2-3 хв	3	Середня потреба
Провідні пучки забарвлюються у блакитний колір, забарвлення швидко зникає	2	Потреба у нітратах
Сліди світло-блакитного забарвлення, яке миттєво зникає	1	Велика потреба
Блакитне забарвлення відсутнє. Порозовіння чи почорніння тканин внаслідок обуглювання сульфатною кислотою	0	Дуже велика потреба

## 2. Виявлення фосфору

2.1. На фільтрувальний папір нанести краплю молібденово-кислого амонію.

2.2. Видавити краплю клітинного соку з листової пластинки.

2.3. Нанести небагато бензидину і краплю оцтовокислого натрію.

2.4. За інтенсивністю забарвлення у відповідності з табл. 12.

## 2.5. Визначити наявність фосфору в різних органах деревних рослин.

Таблиця 12. Шкала потреби рослини у фосфорних добривах

Забарвлення зрізів	Бал	Потреба рослини у фосфорних добривах
Темно-синє	5	Немає потреби
Синє	4	Немає потреби або слабка
Світло-синє	3	Середня потреба
Сіро-блакитне	2	Є потреба у добривах
Бліде сіро-блакитне	1	Велика потреба
Відсутнє забарвлення	0	Дуже велика потреба

### 3. Виявлення калію

3.1. На фільтрувальний папір видавити краплю рослинного соку.

3.2. На пляму від рослинного соку нанести по краплі кобальтнітрату натрію і 2Н соляної кислоти.

3.3. За інтенсивністю забарвлення і у відповідності з табл. 13. визначити наявність калію.

4. Результати досліджень занести в таблицю 14 та проаналізувати.

5. Зробити висновки.

Таблиця 13. Шкала потреби рослини у калійних добривах

Забарвлення зрізів	Бал	Потреба рослини у калійних добривах
Червоно-сурикове	5	Немає потреби
Червоно-помаранчеве	4	Слабка потреба
Помаранчеве	3	Середня потреба
Жовтогаряче	2	Є потреба у добривах
Солом'яно-жовте	1	Велика потреба
Лимонно-жовте	0	Дуже велика потреба

Таблиця 14. **Наявність елементів мінерального живлення у різних органах деревних рослин**

Вид	Орган рослини		
	Хвоя	пагін	корінь

### Контрольні питання

1. Фізіологічна роль N, P, K.
2. Фізіологічна роль Mg, S, Ca.
3. Фізіологічна роль B, Mo, Mn.
4. Фізіологічна роль Fe, Cu, Cl.
5. Ознаки і методи виявлення нестачі макро- та мікроелементів.

На самостійне опрацювання у даному модулі виносяться питання:

1. Мікориза і її роль в житті рослин.
2. Сильномікотрофні, слабомікотрофні і немікотрофні деревні породи
3. Потреба в мінеральному живленні різних видів дерев.
4. Кругообіг мінеральних елементів в лісових біогеоценозах
5. Антагонізм іонів і фізіологічно зрівноважені розчини.
6. Синергізм і адитивність.
7. Позакореневі підживлення рослин
8. Роботи академіка Д.М.Прянишникова.
9. Перетворення азоту при синтезі білкових речовин в рослинах.
10. Реутилізація
11. Застосування мінеральних добрив в лісовому господарстві.
12. Вирощування рослин без ґрунту. Гідро- і аеропоніка.
13. Транспортні форми органічних речовин.
14. Рух органічних речовин в рослині.
15. Роль коренів у синтезі органічних речовин.



**Контрольні питання та завдання до модуля  
«Мінеральне живлення рослин»**

1. Хімічний склад рослин. Класифікація поживних елементів за кількісним вмістом.
2. Що таке методи штучних культур (водних, піщаних, ґрунтових)?
3. Які діагностичні прийоми застосовують для визначення потреб рослин в елементах мінерального живлення?
4. Механізми надходження елементів мінерального живлення до клітини.
5. Яка будова та функції кореня рослини?
6. Як відбувається поглинання поживних речовин кореневою системою?
7. Що таке вибіркова проникність?
8. Назвіть механізми транспортування йонів по рослині?
9. Порівняйте симпластний та апопластний транспорт речовин.
10. Що таке антагонізм, синергізм і адитивність йонів?
11. Яке екологічне значення корневих виділень рослин?
12. Як властивості ґрунту впливають на процес кореневого живлення рослин?
13. Як відбувається надходження поживних речовин до поверхні коренів?
14. Як реагує рослина на концентрацію йонів водню?
15. Що таке «фізіологічно кислі» та «фізіологічно лужні» солі?
16. Назвіть етапи кругообігу азоту в природі.
17. Дайте характеристику основним джерелам азотного живлення вищих рослин?
18. Схарактеризуйте шляхи асиміляції азоту в рослинах.

19. Які ферментні системи беруть участь у відновленні нітратів?
20. Яке значення мають процеси амоніфікації та нітрифікації для живлення рослин?
21. Яким чином можна визначити потреби рослин в елементах живлення?
22. Назвіть фізіологічні основи застосування мінеральних добрив у розсадниках лісових культур.
23. Що таке гідропоніка й аеропоніка?
24. Фізіологічна роль і ознаки нестачі N, P, K, Mg, S, Ca, B, Mo, Mn, Si, Fe, Cu, Al, Cl.
25. Наслідки надлишкового мінерального удобрення.
26. Симбіотична азотфіксація. Механізм дії. Наведіть приклади видів деревних рослин, для яких вона характерна.
27. Будова бульбучкової бактерії.
28. Активний транспорт. Приклади.
29. Пасивний транспорт.
30. Механізм первинного поглинання іонів кореневою системою.

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4 ФОТОСИНТЕЗ

### Практична робота 12. ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПІГМЕНТИ АСИМІЛЯЦІЙНОГО АПАРАТУ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН. МЕТОДИ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ ПІГМЕНТІВ ЛИСТКА

**Мета роботи:** одержати витяжку пігментів та розділити її методом Крауса

**Об'єкти:** зелені листки різних видів рослин

**Реактиви та обладнання:** ножиці; фарфорова ступка з товкачиком; лійка; фільтр; сухі пробірки; штатив; гумові корки;  $\text{CaCO}_3$ ; 96%-ний етиловий спирт; петролейний ефір.

#### Принцип методу

Пігменти – сполуки, які вибірково поглинають світло у видимій частині спектра. У деревних рослин, як і в усіх вищих рослин, вони поділяються на три класи: хлорофіли, каротиноїди та фікобіліни. За допомогою пластидних пігментів здійснюється перетворення енергії сонячного світла в хімічну енергію молекул АТФ і НАДФ\*Н у світловій фазі фотосинтезу. Більшість клітин фотосинтезуючих організмів містить два типи хлорофілів – хлорофіл *a* та хлорофіл *b* (зелені рослини). Допоміжними пігментами фотосинтезу є каротиноїди (жовті, оранжеві та червоні) – поліненасичені вуглеводи терпенового ряду. До каротиноїдів належать каротини, ксантофіли і каротиноїдні кислоти.

Для вивчення фізико-хімічних властивостей пігментів здійснюють їх виділення із рослинного матеріалу та розділення. Водночас, враховують, що хлорофіл і каротиноїди не розчиняються у воді, а фікобіліни – розчиняються. Для повнішого виділення пластидних пігментів користуються полярними розчинниками – етиловим спиртом, ацетоном, оскільки ці пігменти зв'язані з ліпопротеїдним комплексом мембран тилакоїдів.

Різна розчинність хлорофілів, каротину та ксантофілів у етиловому спирті та петролейному ефірі є основою методу розділення цих пігментів за Краусом. При перемішуванні спиртового витягу пігментів із петролейним ефіром вони

розподіляються між двома шарами розчинників: спиртом, який розміщується внизу, і петролейним ефіром чи бензином, який знаходиться зверху. Отримують дві фази – верхню – неполярну, в якій знаходяться хлорофіли і каротин, та нижню – полярну, в якій містяться ксантофіли.

Пігменти відрізняються фізико-хімічними властивостями і тому мають різну адсорбційну здатність. Переміщуючись з неоднаковою швидкістю, вони розташовуються в різних ділянках адсорбента. Адсорбентами можуть служити хроматографічний папір, колонки з крохмалем, сахарозою, магнію оксидом бо алюмінію оксидом. Тому суміш пігментів легко розділити хроматографічним методом.

### **Хід роботи**

#### 1. Одержання витяжки пігментів

1.1. Ножицями нарізають 1 г листя і переносять у фарфорову ступку.

1.2. До подрібненого листя додають трохи (на кінчику скальпеля)  $\text{CaCO}_3$  для нейтралізації клітинного соку і розтерти до гомогенної маси.

1.3. Потім поступово долити 20 мл етилового спирту і розтирати доти, поки спирт не забарвиться в інтенсивний зелений колір.

1.4. Одержану суміш відфільтрувати через складений фільтр у суху пробірку та використовувати для подальших робіт.

1.5. Для порівняння таке ж листя розтирають з водою. Порівнюють забарвлення гомогенатів.

#### 2. Визначення кількості пігментів у загальному екстракті

Визначення концентрації пігментів без попереднього їх розділення проводиться на спектрофотометрі при певній довжині хвилі або на фотоелектроколориметрі при відповідних світлофільтрах. На фотоелектроколориметрі суму хлорофілів визначають при червоному, каротиноїдів - синьому світлофільтрах.

Концентрації пігментів (С) в мг/л розраховуються за формулами для спирту:

$$C_{a+b} = 20,1 \times E_{670}$$

$$C_k = 4,7 \times E_{440} - 0,3 \times E_{670},$$

де  $C_{a+b}$  - концентрація хлорофілів  $a + b$ , мг/л;  $C_k$  - концентрація каротиноїдів, мг/л;

E - знайдений показник поглинання по шкалі приладу при певних довжинах хвиль (670 і 640 нм).

Кількість пігментів в мг на 1 г або 1 дм<sup>2</sup> листової поверхні визначається за формулами:

$$A = (C \times V) / (1000 \times a), \quad B = (C \times V) / (1000 \times S),$$

де A - кількість пігментів у мг/г сухої або сирої наважки; B - кількість пігментів, мг/дм<sup>2</sup>; C - концентрація пігментів, мг/л; V - об'єм витяжки, мл; a - наважка, г; S - площа висічок з листка, дм<sup>2</sup>.

Порівняти кількість хлорофілів і каротиноїдів, знайти співвідношення.

### 3. Розділення пігментів за методом Крауса

3.1. У пробірку налити 2 мл спиртової витяжки пігментів, 3 мл петролейного ефіру або бензину, 2-3 краплі води для кращого розділення.

3.2. Закрити пробірку корком, збовтувати 2 хв.

3.3. Поставити відстоятися у штатив для розділення фаз.

3.4. Спостерігати розподіл пігментів і зарисувати.

### 4. Розділення пігментів методом хроматографії

4.1. Взяти частину розчину пігментів з попередньої роботи у сухий чистий стакан.

4.2. Смужку фільтрувального паперу довжиною 20 см і шириною 5 см занурити одним кінцем у розчин пігментів, накрити стаканом, залишити на 20 хв. На папері у вигляді смуг будуть розміщуватися адсорбовані пігменти у такій послідовності: знизу зелені смуги хлорофілів а і в, вище - каротину і ксантофілу. Вище цих смуг будуть безбарвні смуги спирту і бензину (ефіру). Хроматограму вклеїти в зошит.

### 5. Зробити висновки.

## Контрольні питання

1. Які пігменти беруть участь у процесі фотосинтезу?
2. Методи розподілу пігментів.
3. Від чого залежить зелений колір хлорофілу?

4. Характеристика каротиноїдів
5. Характеристика хлорофілу.
6. Яка роль хлорофілу та каротиноїдів у фотосинтезі?

### Практична робота 13. **ВИВЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ І ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ**

**Мета роботи:** дослідити фізичні і хімічні властивості рослинних пігментів.

**Об'єкти:** зелені листки різних видів рослин.

**Реактиви та обладнання:** спектроскоп; водяна баня; ножиці; фарфорова ступка з товкачиком; лійка; фільтр; сухі пробірки; штатив; гумові корки;  $\text{CaCO}_3$ ; 96%-ний етиловий спирт; бензин або петролейний ефір; сухий  $\text{NaOH}$ ; 20%-ний розчин  $\text{HCl}$ ; оцтова кислота мідь та цинк.

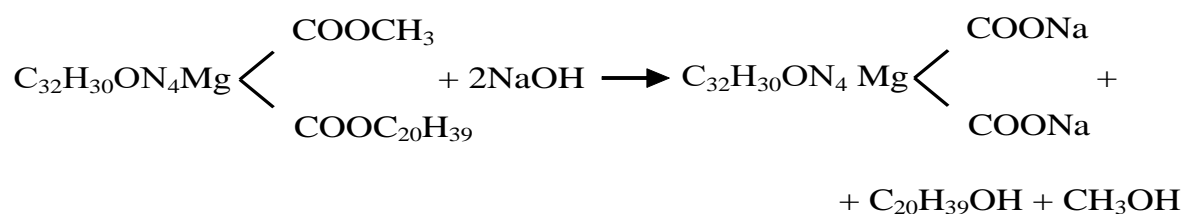
#### **Принцип методу**

Хлорофіл має здатність до флуоресценції, тобто до світіння після поглинання ним видимого й ультрафіолетового світла. В темряві хлорофіл знаходиться в основному стані з найбільш низьким енергетичним рівнем валентних електронів. Під впливом світла один із електронів молекули хлорофілу переходить у збуджений стан, у якому перебуває протягом короткого проміжку часу, і знову повертається на попередній енергетичний рівень. Цей перехід електрона супроводжується витратою енергії збудження, в т. ч. і на флуоресценцію. Хлорофіл флуоресціює тільки в червоній області спектра, тобто флуоресцентне випромінювання характеризується більшою довжиною хвилі, ніж поглинуте світло-індуктор. Це зумовлено частковим розсіюванням енергії у формі тепла. Хлорофіл сильно флуоресціює в розчинах і слабо в листках, що можна пояснити тісною упаковкою молекул у тилакоїдах, а також використанням поглинутої енергії на фотохімічні процеси.

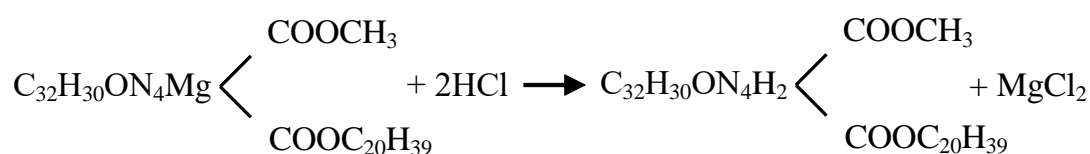
Сонячна радіація з довжиною хвиль 400-700 нм, яку поглинають пігменти фотосинтезуючих органів рослин, має назву *фотосинтетично активної радіації*

(ФАР). Пігменти поглинають видиме світло вибірково, кожен з них має свій характерний спектр поглинання. Пропускаючи світло через розчин конкретного пігменту, а потім розкладаючи його за допомогою призми спектроскопа виявляють у певних місцях спектра темні смуги, що відповідають спектру поглинання. Оптичні властивості пігментів визначаються особливостями їх хімічної структури. Система кон'югованих подвійних зв'язків у молекулах хлорофілів і каротиноїдів визначає поглинання синьо-фіолетових променів. Наявність магнію в ядрі молекули хлорофілу і гідровані зв'язки між атомами вуглецю в положенні 7 і 8 четвертого пірального кільця визначають поглинання червоних променів. Хлорофіли мають два максимуми поглинання – в ділянці синього світла (Хл *a* – 420 нм та Хл *b* – 455 нм) і червоного (Хл *a* – 662 нм, Хл *b* – 644 нм) світла. Каротиноїди поглинають світло в синьо-фіолетовій ділянці спектра ( $\alpha$ -каротин – 420 нм, 440 нм, 470 нм;  $\beta$ -каротин – 425 нм, 450 і 480 нм; лютеїн – 425 нм, 445 і 475 нм).

Наявність у молекулі хлорофілу ефірних зв'язків визначає її здатність до гідролізу. При взаємодії з лугом відбувається утворення солі хлорофілінової кислоти та двох спиртів – фітолу та метанолу:

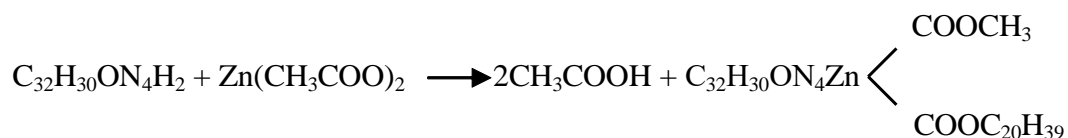


У молекулах хлорофілів, які є магній-порфіринами, атом магнію порівняно слабо утримується в порфіриновому ядрі й у разі впливу сильних кислот легко заміщується двома протонами. Утворюється феофітин-порфіриновий пігмент бурого кольору.



Утворення феофітину можна спостерігати в природних умовах: після осіннього приморозку змінюють колір листки та квіти жоржин.

Унаслідок взаємодії феофітину з солями певних металів (оцтовокислий цинк чи мідь) два атоми водню можуть зворотно заміщуватися атомом відповідного металу:



Цинк (мідь)-порфірини, як і магній-порфірини, теж мають зелений колір, проте дещо іншого відтінку.

### Хід роботи

1. Отримати витяжку пігментів
2. Розділити пігменти за методом Крауса
3. Спостереження флуоресценції хлорофілу

Пробірку із спиртовим витягом хлорофілу розглянути проти світла на рівні очей. Вона має смарагдово-зелений колір. Потім пробірку розміщують на темному фоні і розглядають з того боку, з якого на неї падає світло. У відбитому світлі, внаслідок флуоресценції, спиртовий витяг матиме вишнево-червоний колір.

4. Вивчення оптичних властивостей пігментів

Спектроскоп встановити так, щоб усі ділянки спектра мали однакову яскравість. При пропусканні білого світла через спиртовий витяг пігментів, нерозділений і розділений методом Крауса, виявити спектри поглинання жовтих і зелених пігментів. Зарисувати отримані спектри, звернути увагу на ширину кольорових смуг.

5. Омилення хлорофілу

5.1. З пробірки, у якій проводився розподіл суміші пігментів за методом Крауса, злити частину верхнього бензинового шару (до 2 мл) у чисту пробірку. У цьому розчині містяться хлорофіли а і в та каротин.

- 5.2. До бензинової витяжки прилити рівний об'єм спирту, вкинути одну - дві



гранули їдкою калію або натрію, прилити декілька крапель води.

5.3. Пробірку закрити корком, струшувати протягом 2-3 хв, потім дати відстоятися.

Вміст розділиться на два шари. У нижньому водно-спиртовому шарі буде омилений хлорофіл (зелений колір), а у верхньому - каротин. Сіль хлорофілінової кислоти зберігає зелене забарвлення й оптичні властивості хлорофілу, проте втрачає гідрофобні властивості, тому з верхнього шару переміщується у нижній – спиртовий.

5.4. Написати реакцію омилення хлорофілу, замалювати.

6. Отримання феофітину та зворотне заміщення атома водню атомом металу

6.1. Приготувати екстракт пігментів.

6.2. У три пробірки налити приблизно по 2 мл спиртової витяжки пігментів.

6.3. Одну пробірку залишити для порівняння. У дві інші додати по 4-5 крапель 20%- ного розчину соляної кислоти і обережно перемішати.

Зелене забарвлення зникне, розчин набуде бурого кольору завдяки утворенню феофітину.

6.4. В одну пробірку з феофітином додати невелику кількість оцтовокислого цинку або оцтовокислої міді і обережно нагріти на водяній бані до кипіння.

Буре забарвлення поступово зникне, розчин знову набуде зеленого кольору внаслідок відновлення металоорганічного зв'язку при заміщенні водню атомами металу.

6.5. Написати реакції. Зробити малюнки із зміною кольорів у пробірках.

7. Зробити загальний висновок про досліджені фізико-хімічні властивості пігментів.

### **Контрольні питання**

1. Які фізичні властивості мають пігменти?
2. Від чого залежить зелений колір хлорофілу?
3. Чим пояснити флуоресценцію витяжки пігментів?
4. Чому флуоресценція не спостерігається в живих листках?
5. Які промені поглинаються хлорофілами, каротиноїдами?

б. Охарактеризувати структурну формулу і хімічну природу хлорофілу.

## Практична робота 14. **ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСТОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ФОТОСИНТЕЗУ**

**Мета роботи:** визначити чисту продуктивність фотосинтезу сіянців різних видів деревних порід у різні періоди вегетаційного розвитку.

**Об'єкти:** зразки сіянців з кореневими системами різних видів деревних порід

**Реактиви та обладнання:** сушильна шафа, технічна вага.

### **Принцип методу**

Чиста продуктивність фотосинтезу являє собою приріст сухої маси рослин (в грамах) за одиницю часу (добу) віднесеної до одиниці асимілюючої поверхні ( $\text{дм}^2$ ) –  $\text{г/м}^2 \times \text{добу}$ . Її визначають шляхом періодичного відбору зразків та визначення загальної маси рослин, маси окремих органів і площі листків. Цей метод характеризує по суті не фактичну інтенсивність фотосинтезу, а рівень асиміляційно-дисиміляційних процесів. Частина асимілятів використовується рослиною на темнове дихання і фотодихання. Витрати пластичних речовин на ці процеси залежать від мікрокліматичних факторів і в окремі періоди може доходити до 50%. До недоліків даного методу можна віднести помилки, пов'язані з відбором зразків в умовах фітоценотичної взаємодії рослин та неоднорідності ґрунтовогідрологічних умов. В кінці вегетаційного періоду помилки можуть бути викликані частковим, або повним відмиранням окремих листків на рослинах. Визначення чистої продуктивності фотосинтезу найбільш доцільно проводити у сіянців деревних рослин протягом всього вегетаційного періоду до початку відмирання листків. У хвойних деревних видів приріст органічної маси при розрахунках доцільно відносити не до площі, а до маси асимілюючої поверхні. Даний метод є простим для практичного використання і можливістю застосування в польових умовах.

Хід роботи

1. Відбираємо 2 – 3 зразки сіяncів з кореневими системами у різних частинах ділянки. Кожний зразок включає по 10 – 15 середніх за розмірами сіяncів.

2. Розділяємо сіяncі кожного зразка на окремі органи і методом висічок знаходимо площу листків (див. лаб. «Визначення інтенсивності фотосинтезу методом асиміляційної колби»). Наполовину і більше сухі листки при визначенні площі асимілюючої поверхні не враховуємо.

3. Висушуємо зразки при температурі 105 °С до постійної маси і знаходимо абсолютно суху масу рослин.

4. Аналогічні операції проводимо через 7 – 10 діб.

5. На основі отриманих результатів розраховуємо чисту продуктивність фотосинтезу за формулою:

$$\text{ЧПФ} = (B_2 - B_1) / ((L_1 + L_2) \times 0,5n),$$

де:  $B_1$  – суха маса рослин на початку дослідю, г;  $B_2$  – суха маса рослин в кінці дослідю, г;  $L_1$  – площа листків на початку дослідю, м<sup>2</sup>;  $L_2$  – площа листків в кінці дослідю, м<sup>2</sup>, n – тривалість дослідю, діб

6. Результати дослідження заносимо в табл. 15. Проаналізувати одержані результати.

7. Зробити висновки.

### **Контрольні питання**

1. Показники фотосинтезу.
2. Що таке чиста продуктивність фотосинтезу? Методи її визначення.
3. Відчого залежить процес фотосинтезу?
4. Шляхи підвищення інтенсивності фотосинтезу.

Таблиця 15. **Чиста продуктивність фотосинтезу сіяncів різних видів деревних рослин**

Вид	№ зразка	Площа листків рослини, дм <sup>2</sup>			Суша маса рослини, г			Тривалість досліду, діб	ЧПФ, г/дм <sup>2</sup> х добу
		поча-ток	кінець	сере-дне	поча-ток	кінець	різниця		
	<b>1</b>								
	<b>2</b>								
	<b>3</b>								
	<b>Сер.</b>								

На самостійне опрацювання у даному модулі виносяться питання:

1. Біосинтез пігментів хлоропластів . Фізіологічна роль хлорофілів і ксантофілів
2. Квантовий вихід фотосинтезу.
3. Світловий компенсаційний пункт.
4. Вуглекислотний компенсаційний пункт.
5. Залежність фотосинтезу від внутрішніх особливостей деревних рослин (вмісту хлорофілу, відтоку асимілятів, активності ферментів).
6. Фотосинтетична продуктивність лісів та інших біотопів Землі.
7. Фізіологічні основи очищення дерев від сучків.
8. Світловий режим лісу.
9. Фізіологічні основи рубок догляду за лісом.
10. Фотосинтез і продуктивність рослин.
11. Підвищення інтенсивності фотосинтезу рослин - основа виконання завдань лісового господарства.
12. Шляхи підвищення продуктивності фотосинтезу деревних рослин.

## Контрольні питання та завдання до модуля «Фотосинтез»

1. У чому проявляється суть фотосинтезу як окисно-відновного процесу?
2. Що таке фотосинтетично активна радіація (ФАР) та яку частку вона займає щодо повного спектра сонячного випромінювання?
3. Назвіть експериментальні докази походження кисню в процесі фотосинтезу.
4. Чим можна пояснити підвищення ефективності фотосинтезу у разі використання імпульсного освітлення?
5. Поясніть, що таке квант та яким чином частота випромінювання пов'язана з енергією кванта?
6. В яких інтервалах сприймають сонячне випромінювання око людини та рослинний організм?
7. Чому квант ультрафіолетового випромінювання має більшу енергію, ніж квант синього світла?
8. Поясніть природу поглинання світла речовиною. Що таке фотозбудження молекули, основні закони поглинання світла?
9. Яким чином у процесі поглинання квантів сонячного світла формується синглетний та триплетний електронно-збуджений стани молекули? Наскільки довготривалий цей процес?
10. Поясніть взаємозв'язок між ультраструктурною організацією хлоропластів і функцією даної органели.
11. Чим зумовлені гідрофільні та гідрофобні властивості хлорофілу та яка роль їх у формуванні пігмент-ліпопротеїдних комплексів? Чому молекула хлорофілу електрично нейтральна?
12. У чому суть явища хроматичної адаптації?

13. Від чого залежать оптичні властивості пігментів?
14. Опишіть онтогенез розвитку хлоропласта, яка функція світла на різних етапах його?
15. Схарактеризуйте геном хлоропласта. В чому полягає різниця між хлоропластною та ядерною ДНК?
16. У чому полягає суть первинної фотофізичної стадії фотосинтезу?
17. Чому поглинаючим пігментом фотосинтезу вважають хлорофіл а, хоча хлоропласт містить різноманітний набір пігментів?
18. Що лежить в основі певної локалізації відповідного компонента електрон-транспортного ланцюга?
19. Назвіть акцепторні та донорні компоненти реакційних центрів двох фотосистем. Поясніть, як відбувається первинний розподіл заряду в реакційному центрі.
20. Схарактеризуйте світлозбиральні пігмент–білкові комплекси тилакоїдних мембран.
21. Як відбувається фотоокиснення хлорофілу та які його функції у первинних фотохімічних реакціях?
22. Схарактеризуйте АТФ–синтетазний комплекс.
23. Який взаємозв'язок між фізико-хімічними властивостями пластохінону та його функціями? Схарактеризуйте пул пластохінонів хлоропласта.
24. Чим можна пояснити зміну рН внутрішньотилакоїдного простору та зміщення рН між тилакоїдним компартментом і строноюю?
25. У процесі функціонування ЕТЛ різниця енергетичного рівня між P680 та P700 реакційних центрів обох фотосистем може досягати 50 кДж. Чи вистачить цієї кількості енергії для утворення макроергічного зв'язку АТФ?

26. Чому циклічне фотофосфорилування можна розглядати як найдавнішу форму фіксації енергії?
27. Схарактеризуйте особливості структурної організації реакцій та компонентів, які беруть участь у синтезі АТФ. Яким чином відбуваються фотоіндуковані окисно-відновні перетворення компонентів електрон-транспортного ланцюга?
28. Фотосинтетичні одиниці та фото системи: склад, будова, функції.
29. Як пояснити припинення фотосинтезу у зрізаного та поставленого у воду листка рослини за найсприятливіших зовнішніх умов?
30. Назвіть сполуки, які утворюються в світлових реакціях фотосинтезу, а потім використовуються в наступній темновій фазі. На яких етапах циклу вони потрібні?
31. Які субстрати використовуються в циклі Кальвіна, на якій стадії відбувається включення їх в реакції, що є кінцевим продуктом циклу, звідки надходить енергія та на що вона витрачається?
32. Припустимо, що в суспензії хлорели активно відбувається фотосинтез, раптово виключається світло. Які зміни вмісту 3-фосфогліцеринової кислоти та рибулозобісфосфату можна спостерігати в наступну хвилину?
33. За яких умов рибулозобісфосфаткарбоксілаза функціонує як оксигеназа? Який механізм даної реакції?
34. Що таке фотодихання, чи впливає світло на інтенсивність дихання?
35. За яким принципом визначають різні групи з C4-типом метаболізму?
36. САМ – шлях фотосинтезу.
37. Які екологічні переваги в умовах посухи та високої температури мають рослини з C4-типом фотосинтезу?
38. Що таке компенсаційна точка фотосинтезу?

39. Як впливає на фотосинтез впливає підвищення рівня концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері?
40. У чому полягає значення появи ФС II?
41. Яке значення каротиноїдів у фотосинтезі?
42. Які досліди слід поставити, щоб визначити, до якого типу ( $\text{C}_3$  або  $\text{C}_4$ ) належать рослини?
43. Чи існує пряма кореляція між кількістю хлорофілу в листках та інтенсивністю фотосинтезу?
44. Фотоліз води.
45. Цикл Кальвіна.
46. Чому в процесі еволюції рослини набули зеленого забарвлення?
47. Що являє собою хромофорна група хлорофілу і фікобілінів?
48. Цикл Хетча-Слека.
49. За допомогою якої реакції можна довести, що в молекулі хлорофілу міститься атом магнію? Напишіть рівняння цієї реакції.
50. Назвіть пігменти, що не беруть участь в процесі фотосинтезу.
51. Електро-транспортний ланцюг фотосинтезу, його компоненти та функції.
52. Шлях електрона по ЕТЛ за фотосинтетичного фосфорилування (циклічного і нециклічного).



## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5 ДИХАННЯ

### Практична робота 15. **ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ДИХАННЯ РІЗНИХ ЧАСТИН ДЕРЕВНИХ РОСЛИН**

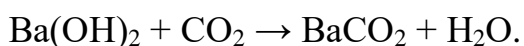
**Мета роботи:** порівняти інтенсивність дихання різних органів деревних рослин; вивчити залежність інтенсивності дихання рослинного матеріалу від температури повітря.

**Об'єкти:** сухе і проросле насіння, бруньки, листя (хвоя), однорічні пагони.

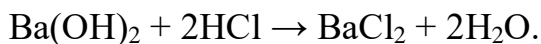
**Реактиви та обладнання:** 0,02 Н розчин Ва(ОН), 0,025 Н розчин НСІ, фенолфталеїн в крапельниці, ваги з різноважками, кусочки чистої марлі розміром 10×10 см, титрувальна установка, скляні посудини з добре підігнаними корками і решітками, термостат, штатив з бюреткою, піпетки на 20 мл, щипці, вазелін.

#### **Принцип методу**

Дихання – обов'язкова умова і найхарактерніша властивість життєдіяльності рослинного організму. В результаті його проходить забезпечення енергією і проміжними продуктами розпаду всіх життєвих процесів, що проходять в клітині. Для рослин характерні два типи дихання: аеробне і анаеробне. Перше являє собою звільнення енергії внаслідок біохімічного окислення органічних речовин до вуглекислого газу і води, друге – звільнення енергії внаслідок безкисневого розпаду органічних речовин. Домінуючим у рослин є аеробне дихання. Інтенсивність дихання залежить від виду рослин, його фізіологічного стану, віку. Різні органи рослин також характеризуються різною інтенсивністю дихання. Із зовнішніх факторів на дихання рослин найбільше впливає температура. Сезонна динаміка інтенсивності дихання тісно корелює з інтенсивністю ростових процесів, зміною запасів поживних речовин і температурою повітря. Визначити інтенсивність дихання рослин і його частин можна за кількістю виділеного вуглекислого газу. Для фіксації останнього використовують ВаСО<sub>2</sub> - розчин бариту, який реагує з діоксидом вуглецю згідно рівняння:



Через певний час надлишок бариту, що не прореагував з  $\text{CO}_2$  відтитровують соляною кислотою:



Кількість соляної кислоти, витраченої на титрування порівнюють з результатом титрування вихідного розчину лугу. Різниця між об'ємами розчину  $\text{HCl}$ , витраченого на титрування  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  в контрольній і дослідній посудинах прямо пропорційна кількості диоксида вуглецю, який виділяється при диханні.

### **Хід роботи**

1. Готуємо дослідні і контрольні посудини для визначення інтенсивності дихання.
2. Зважуємо рослинний матеріал для дихання: - 5 г відрізків однорічних пагонів; - 5 г хвої; - по 3 г пророслого, сухого насіння, бруньок.
3. Загортаємо досліджуваний рослинний матеріал в марлю, обв'язуємо ниткою і поміщаємо його з допомогою щипців на решітку дослідних посудин.
4. Щільно закриваємо дослідні і контрольні посудини корками. Для більшої герметичності корки потрібно змазати технічним вазеліном.
5. Через нижні отвори наливаємо в дослідні і контрольні посудини по 20 мл бариту і швидко закриваємо їх корками.
6. Зібрані таким чином посудини залишаємо на 40 хв при кімнатній температурі.
7. Під час досліду періодично обережно похитуємо посудини для руйнування плівки  $\text{BaCO}_2$ , що утворюється на поверхні бариту і перешкоджає поглинанню  $\text{CO}_2$ .
8. Через 40 хв виймаємо рослинний матеріал і решітки з дослідних посудин, швидко додаємо 2-3 краплі фенолфталеїну і відтитровуємо соляною кислотою розчин їдкого барію, що залишився. Кінець титрування (нейтралізації) визнаємо за зникненням рожевого забарвлення.
9. Аналогічним чином відтитровуємо контрольні посудини.
10. Інтенсивність дихання розраховуємо за формулою:

$$I_d = ((a - b) \times 0,55) / (T \times P), \text{ мг CO}_2/\text{г} \times \text{год},$$

де: а – кількість мл соляної кислоти, витрачена на титрування бариту в контрольній посудині;

б – кількість мл соляної кислоти, витрачена на титрування бариту в дослідній посудині;

0,55 – кількість мг CO<sub>2</sub>, еквівалентна 1 мл 0,025 Н НСІ;

Т – час дослід у годинах;

Р – маса рослинного матеріалу, г.

11. Паралельно визначаємо інтенсивність дихання органів дерева при температурі 30 °С, поміщаючи дослідні і контрольні посудини в термостат.

12. Результати дослідів заносимо в таблицю 16 і аналізуємо одержані результати.

13. Зробити висновки.

**Таблиця 16. Інтенсивність дихання різних органів деревних рослин залежності від температурних умов**

Вид рослинного матеріалу	Умови дослід, t, °С	Наважка, г	Об'єм бариту, мл	Об'єм витраченої на титрування НСІ, мл		Інтенсивність дихання, мг CO <sub>2</sub> /гхгод
				контроль	дослід	
Сухе насіння	20					
	30					
Проросле насіння	20					
	30					
Бруньки	20					
	30					
Хвоя	20					
	30					
Пагони	20					
	30					

## Контрольні питання

1. Загальна характеристика процесу дихання.
2. Залежність процесу дихання від зовнішніх і внутрішніх чинників
3. Шляхи регулювання процесу дихання.
4. Добова і сезонна динаміка інтенсивності дихання

## Практична робота 16: **ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ДИХАННЯ ПРОРОСТАЮЧОГО НАСІННЯ**

**Мета роботи:** визначити дихальний коефіцієнт у насінні різних деревних рослин; встановити переважання окислювальних субстратів у насінні різних деревних рослин.

**Об'єкти:** проросле насіння різних деревних рослин

**Реактиви та обладнання:** штативи, гумові корки, зігнуті під прямим кутом градуйовані трубки, міліметровий папір, секундоміри, пробірки, фільтрувальний папір, олія або вазелінове масло, піпетки, 20%-ний NaOH.

### Принцип методу

Дихальний коефіцієнт (ДК) являє собою відношення кількості виділеного CO<sub>2</sub> до кількості увібраного під час дихання кисню. Його величина залежить від окислювального субстрату. Якщо ним є гексоза (глюкоза або фруктоза) то ДК дорівнює 1. Якщо в процесі дихання використовуються жири і білки ДК менше 1, а якщо органічні кислоти – більше 1.

### Хід роботи

1. Заповнити пробірку пророслим насінням на 1/2 її об'єму і встановити прилад як показано на рис.1.
2. Пробірку щільно закрити корком з градуйованою трубкою і закріпити в штативі.

3. На кінець градуйованої скляної трубки піпеткою внести краплю олії або вазелінового масла.

4. Відмітити положення внутрішнього меніска краплі і знайти величину її переміщення впродовж 5 хвилин. Потім знову безперервно повторити заміри ще два рази і знайти середні значення. Ця віддаль відповідатиме різниці між об'ємами поглинутого  $O_2$  і виділеного  $CO_2$  насіння (А мм).

5. Вийняти корок з трубкою і покласти кусочок фільтрувального паперу, просоченого 20% розчином NaOH, в пробірку.

6. Пробірку щільно закрити пробкою з відвідною градуйованою скляною трубкою.

7. В трубку занести нову краплю олії і повторити дослід відповідно до п.5. Знайдена середня віддаль, яку пройде крапля за 5 хв, відповідатиме об'єму поглинутого в процесі дихання кисню (В, мм), оскільки виділений вуглекислий газ поглинеться лугом. При проведенні досліджень слід уникати нагрівання пробірки від рук.

8. Результати досліджень занести в табл. 17, а дихальний коефіцієнт розрахувати на основі величин А і В:

$$A = O_2 - CO_2; B = O_2; CO_2 = B - A,$$

$$ДК = CO_2 : O_2 = (B - A) : B .$$

9. Зробити висновки.

Таблиця 17. Дихальний коефіцієнт насіння різних деревних рослин

Вид	Відлік, мм за 5 хв								ДК
	Без луку (А)				З лугом (В)				
	1	2	3	4	1	2	3	4	

## Контрольні питання

1. Субстрати дихання.
2. Дихальний коефіцієнт.
3. Шляхи дисиміляції органічних сполук у рослинній клітині.
4. Гліколіз
5. Цикл Кребса.
6. Гліюксилатний шлях.
7. Пентозофосфатний цикл.

## Практична робота 17. **ВИЯВЛЕННЯ І ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОСТІ ДЕГІДРОГЕНАЗ**

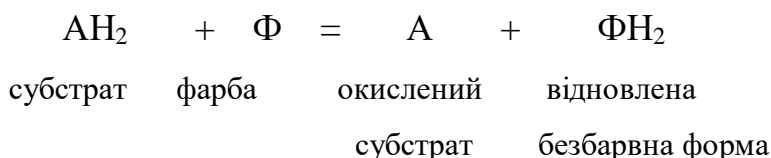
**Мета роботи:** спостереження за окисно-відновною дією дегідрогенази; встановити залежність інтенсивності дихання від температури

**Об'єкти:** проросле насіння рослин.

**Реактиви і обладнання:** штатив для пробірок, пробірки біологічні малі - 2 шт., фарфорові чашки - 2 шт., фарфоровий стакан, піпетки на 1 і 5 мл, 0,005%-ний розчин метиленової синьки, рослинна олія.

### Принцип методу

Дегідрогенази каталізують дегідрування дихального субстрату. Активовані дегідрогеназами водень переноситься ними на інші речовини або кисень. Активність дегідрогеназ зручно спостерігати на розчинах речовин, які у окисненому стані мають забарвлення, а у відновленому знебарвлюються, утворюючи лейкоформи (метиленова синька, 2,6-дихлорфеноліндофенол):



### Хід роботи

1. У дві пробірки помістити по 10 пророслих насінин, попередньо знявши

шкірочку.

2. В одній пробірці насіння залити водою, прокип'ятити протягом 10 хв, злити воду.

3. Насіння в обох пробірках залити 0,005%-ним розчином метиленової синьки на 10 хв.

4. Розчин синьки злити, насіння промити дистильованою водою і знову залити водою.

5. У пробірку обережно, по стінці, додати невелику кількість рослинної олії до утворення тонкого шару на поверхні, щоб забезпечити анаеробні умови для насіння

6. Пробірки помістити у стакан і кип'ятити (40 °C) і провести спостереження.

Через деякий час насіння у пробірці, яке не кип'ятили, знебарвиться внаслідок відновлення синьки дегідрогеназами. У другій пробірці насіння залишиться забарвленим тому, що при нагріванні дегідрогенази зруйнувалися.

7. Злити розчини з пробірок, насіння помістити у фарфорові чашки.

Насіння знову набуває забарвлення внаслідок взаємодії кисню повітря, активованого оксидазами, з відновленою формою метиленової синьки, яка при окисненні має характерний колір.

7. Зробити висновки.

### **Контрольні питання**

1. Дихальні ферменти.
2. Електро-транспортний ланцюг дихання.
3. Рух електрона по ЕТЛ дихання.
4. Окисне фосфорилування.
5. АТФ – синтаза.

На самостійне опрацювання у даному модулі виносяться питання:

1. Історія вивчення дихання рослин.
2. Інтенсивність дихання різних видів деревних рослин Особливості дихання різних органів і тканин рослини
3. Зв'язок дихання з різними фізіологічними процесами
4. Роль дихання в адаптації рослин до несприятливих умов існування
5. Вплив внутрішніх факторів на дихання рослин.
6. Вплив зовнішніх факторів на дихання рослин.
7. Регулювання дихання
8. Субстрати дихання.

### **Контрольні питання та завдання до модуля «Дихання»**

1. Яке значення мають процеси дихання та бродіння у житті рослин?
2. Назвіть спільні та відмінні риси процесів дихання та бродіння?
3. Що таке окиснення й відновлення? Доведіть, що дихання – це окисно-відновний процес.
4. Схарактеризуйте каталітичні системи дихання.
5. Назвіть основні шляхи дисиміляції вуглеводів.
6. В чому полягає функція гліколізу в обміні клітини?
7. На яких етапах гліколізу та за рахунок яких реакцій синтезується АТФ?
8. Що є кінцевим продуктом гліколізу?
9. Опишіть шляхи руху атомів вуглецю, кисню, водню під час розпаду піровиноградної кислоти в процесі дихання.
10. Назвіть основні стадії циклу Кребса та їх особливості.



11. Схарактеризуйте електрон-транспортний ланцюг мітохондрій, зокрема структурну організацію, основні компоненти, їх окисно-відновні потенціали.
12. Поясніть зв'язок між ультраструктурою клітини та функцією мітохондрій.
13. Що є джерелом енергії для функціонування дихального ланцюга?
14. Чому для функціонування електрон-транспортного ланцюга необхідний кисень?
15. Що таке окиснювальне фосфорилування?
16. Назвіть спільні та відмінні риси фотосинтетичного та окиснювального фосфорилування.
17. Яка кількість АТФ утворюється у разі розпаду однієї молекули глюкози в анаеробну й аеробну фази дихання?
18. Назвіть основні риси пентозофосфатного циклу.
19. Охарактеризуйте гліюксилатний цикл.
20. У чому полягає фізіологічне значення альтернативних шляхів дихання?
21. Які фактори впливають на інтенсивність процесу дихання?
22. Які реакції необхідні для одержання з молекули глюкози фруктози, етилового спирту, однієї з жирних кислот, аспарагінової кислоти?
23. Який зв'язок дихання з фотосинтезом і азотним обміном клітини?
24. Яка залежність між субстратами дихання та дихальним коефіцієнтом?
25. Назвіть шляхи окиснення дихального субстрату.
26. Якими явищами супроводжується аеробне дихання?
27. У чому подібність і відмінність процесів фотосинтезу та дихання?
28. Чому аеробне дихання ефективніше за анаеробне?

29. Яка функція фосфору в процесі дихання?
30. З якого проміжного продукту дихання утворюються жирні кислоти?
31. Дихальний коефіцієнт проростків за вмісту  $O_2$  в повітрі 21 % складав 0,98, за 5 % – 0,93, за 3 % – 3,34. Як пояснити різке зростання дихального коефіцієнта?
32. Чи можливе транспортування фосфатних груп на АДФ від таких субстратів: глюкозо-1-фосфату, фруктозо-1,6-дифосфату, 1,3-дифосфогліцеринової кислоти, фосфоенолпірувату?
33. 15 г бруньок за 30 хв виділили 3 мг  $CO_2$ . Розрахуйте інтенсивність дихання на 1 г маси сухої речовини за 1 год, якщо відомо, що вміст води в бруньках становить 60%.
34. Чому не можна зберігати насіння вологим?
35. Зелений листок на світлі за температури 25 °C інтенсивно поглинав  $CO_2$ , а за підвищеної температури до 40 °C почав виділяти вуглекислий газ. Як пояснити зазначені зміни газообміну листка?
36. Назвіть методи визначення інтенсивності дихання.
37. Гліколіз.
38. Гліоксилатний цикл.
39. Зв'язок між диханням і бродінням.
40. Компоненти ЕТЛ дихання.

## *ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 6. РІСТ, РОЗВИТОК, СТІЙКІСТЬ РОСЛИН*

### Практична робота 18. **ПОРІВНЯННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ РОСТУ РІЗНИХ ВИДІВ ДЕРЕВНИХ ПОРІД ЗАЛЕЖНО ВІД ЗОВНІШНІХ УМОВ**

**Мета роботи:** встановити вплив температури на проростання насіння і ріст проростання різних деревних порід.

**Об'єкти:** насіння різних видів деревних рослин з розрахунку 400 шт насінин на кожний варіант досліду (4x100 шт).

**Реактиви і обладнання:** фільтрувальний папір, чашки Петрі, дситилбльована вода, термостат.

#### **Принцип методу**

Процеси проростання насіння та росту проростків тісно пов'язані з активацією метаболічних перетворень в ендоспермі та зародку. Після періоду органічного спокою здатність насінини до проростання зумовлена факторами зовнішнього середовища, які прямо впливають на ферментативну діяльність. Серед них найважливішу роль відіграє температура, світло, доступність води і кисню. Проростання насіння рослин помірної кліматичної зони починається при порівняно низьких температурах. Так, для злакових видів температурний мінімум коливається в межах 1-5 °С, а для хвойних деревних порід він становить 4-10 °С. Температурний оптимум для проростання насіння більшості видів рослин помірної зони становить 15-30 °С, а максимум – 35-40 °С.

#### **Хід роботи**

1. Кладемо на дно пронумерованих чашок Петрі кружечки фільтрувального паперу і добре зволожуємо 5-10 мл води.

2. Розкладаємо на фільтрувальний папір по 100 шт насінин, закриваємо чашки Петрі і ставимо на пророщування у різні температурні умови: 0-5, 7-10, 20- 25, 35-40 °С.

3. Пророщування проводимо протягом 15 діб. Вивчаємо динаміку проростання насіння. Кількість пророслих насінин рахуємо на 3, 5, 7, 10 і 15 день і слідкуємо, щоб фільтрувальний папір не підсихав.

4. В кінці досліду визначити біометричні показники проростків.

5. Результати досліджень занести в табл. 18 і 19. Проаналізувати одержані результати.

6. Зробити висновки.

**Таблиця 18. Динаміка проростання насіння різних деревних порід залежно від температурних умов**

Умови пророщування, t, °C	Повторність	Дні спостереження					Проростання, %
		3	5	7	10	15	
		Кількість пророслих насінин					
0–5	1						
	2						
	3						
	Сер.						
7–10	1						
	2						
	3						
	Сер.						
20-25	1						
	2						
	3						
	Сер.						
35-40	1						
	2						
	3						
	Сер.						

Таблиця 19. Біометричні показники проростків різних деревних порід залежно від умов вирощування

Вид	Умови вирощування,	Корінь				Проросток			
		M±m	%	t <sub>ф</sub>	v, %	M±m	%	t <sub>ф</sub>	v, %
Сосна звичайна	20-25		100	0			100	0	
	0-5								
	7-10								
	35-40								
Ялина європейська									

### Контрольні питання

1. Поняття про ріст. Крива росту Сакса.
2. Ріст клітини розтягуванням.
3. Вплив зовнішніх і внутрішніх факторів на проростання насіння.
4. Метаболічні перетворення у насінні при його проростанні.

## Практична робота 19: ПОРУШЕННЯ СПОКОЮ БРУНЬОК ДЕРЕВНИХ РОСЛИН

**Мета роботи:** вивести рослини із стану глибокого спокою; порівняти ефективність різних методів, які використовують для виведення рослин із стану глибокого спокою.

**Об'єкти:** однакові за розміром пагони верби, бузку, каштана, яблуні, тощо.

**Реактиви та обладнання:** термостат, скляні ковпаки, скляні банки, ножиці, ніж, піпетки, сірчаний ефір, 10%-й розчин етанолу, вода, розчин гетероауксину (концентрація 25 мл/ л) і ГК (5 мл/ л), медичний шприц, фотованночки.

## **Принцип методу**

Деревні рослини протягом року характеризуються нерівномірністю прояву ростових процесів. Період інтенсивного росту у них змінюється періодом спокою. Після закладки бруньок апікальна меристема перестає ділитися і ріст пагонів припиняється. У сосни звичайної це явище спостерігається у другій половині червня, а в тополі – на початку вересня. Загалом, у бруньок деревних рослин виділяють три види спокою: попередній, глибокий (органічний) і вимушений. Попередній спокій бруньок триває від їх закладки до відмирання листя у дерев. Проте при сприятливих кліматичних умовах він може перериватись і тоді дерево формує другий приріст. Це явище спостерігається у таких деревних порід, як дуб, бук, тощо. Під час попереднього спокою в молодих пагонах спостерігається зниження фізіолого-біохімічної активності, проходить їх здерев'яніння та відкладаються запасні речовини. Органічний спокій у переважній кількості видів триває до середини зими і зумовлений нагромадженням інгібіторів ростових процесів у бруньках. У цей період ростова активність в рослин не настає навіть у сприятливих погодних умовах. Під впливом низьких температур та інших факторів зовнішнього середовища концентрація інгібіторів росту у бруньках знижується і вони переходять у стан вимушеного спокою. Його причиною є несприятливі фактори зовнішнього середовища. Існує декілька методів, які дозволяють вивести бруньки деревних рослин із стану глибокого спокою: вплив низьких, або високих температур, обкурювання димом і ефіризація, механічне подразнення бруньок, введення в бруньки стимуляторів росту. Роботу необхідно проводити в листопаді – грудні.

### **Хід роботи**

#### **1. Метод теплих ванн**

1.1. Кладемо пагони у фотованночки і заливаємо водою, нагрітою до 35-40 °С до повного їх занурення та ставимо у термостат на 24 години. Контрольні пагони залишаємо у скляних банках з водою на світлі при кімнатній температурі.

1.2. Через добу поновлюємо зрізи у дослідних і контрольних пагонів. Дослідні пагони ставимо у баночки з водою і залишаємо на світлі поряд з контрольними.

#### **2. Метод обкурювання димом і ефіризація**

2.1. Дослідні пагони ставимо у банки з водою і поміщаємо під два скляні ковпаки. Під одним спалюємо папір, а під інший ставимо чашку з сірчаним ефіром, з розрахунку 0,5 мл ефіру на 1 л. повітря.

2.2. Через добу знімаємо ковпаки і залишаємо банки на світлі поряд з контрольними.

3. Метод механічного подразнення бруньок і введення в них стимуляторів росту

3.1. Підбираємо по 5 пагонів кожної деревної породи і нумеруємо.

3.2. Бруньки пагонів перших номерів наколюємо у їх основі препарувальною голкою до середини, у других – медичним шприцом вводимо воду, у третіх – 10% розчин етанолу, у четвертих – розчин гетероауксину (25 мг/ л) і в п'ятих – розчин ГК (5 мг/ л).

3.3. Поновлюємо зрізи пагонів під водою, ставимо у банки і залишаємо на світлі поряд з контрольними.

4. Протягом всього досліду регулярно промиваємо кінці пагонів від слизі, періодично поновлюємо зрізи під водою і один раз в тиждень змінюємо воду.

5. Протягом 2-3 тижнів спостерігаємо за виходом бруньок із стану глибокого спокою, порівнюємо різні варіанти.

6. Зробити висновки на основі аналізу одержаних результатів.

### **Контрольні питання**

1. Спокій насіння і бруньок багаторічних рослин.
2. Глибокий спокій
3. Вимушений спокій
4. Роль ростових речовин у спокої насіння і виведенні з нього.
5. Методи виведення насіння і бруньок з стану спокою.

Практична робота 20: **ВПЛИВ АЛЕЛОПАТИЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ НА РІСТ РОСЛИН**

**Мета роботи:** вивчити алелопатичні взаємовідносини різних видів деревних рослин.

**Об'єкти:** насіння різних видів деревних порід.

**Прилади та обладнання:** термостат, чашки Петрі, фільтрувальний папір, мірні піпетки, скляні стаканчики, фільтрувальний папір.

### **Принцип методу**

Рослини в процесі життєдіяльності не тільки поглинають з ґрунту поживні речовини, а і виділяють через кореневу систему продукти метаболізму. Зокрема такими речовинами виступають органічні і неорганічні сполуки – мінеральні речовини, спирти, цукри, органічні і неорганічні кислоти, амінокислоти, аміді, ферменти, нуклеїнові кислоти, фенольні сполуки, тощо. Наприклад, у складі виділень сіянцив сосни звичайної виявлено 35 різних сполук. Однак, у складі таких виділень корневих систем переважають сполуки, характерні для даного виду. Нагромаджуючись у ґрунті в певних концентраціях хімічні речовини погіршують умови функціонування корневих систем рослин, пригнічують фізіолого-біохімічні процеси в них. В цілому, це негативно відображається на рості і розвитку рослин. Такі явища спостерігаються в умовах незмінної агрокультури. Проте, існують види, які не відчувають негативного взаємного алелопатичного впливу і успішно зростають у змішаних фітоценозах.

### **Хід роботи**

1. Відбираємо відповідну кількість насінин різних деревних порід з розрахунку по 50 шт насінин дрібнозернистих видів і по 25 шт крупнозернистих для одного дослідного варіанту і відповідно по 100 і 50 насінин – для контрольного. Дослід закладаємо у 4-кратній повторності.

2. Проводимо відповідну підготовку відібраного насіння для закладки досліді (стратифікація, скарифікація, намочування, насвічування, тощо).

3. Кладемо на дно пронумерованих чашок Петрі кружочки фільтрувального паперу і добре його зволожуємо 5-10 мл води.



4. Розкладаємо у дослідні чашки Петрі на фільтрувальний папір перемішавши по 50 насінин кожного з двох видів – сосна – ялина, сосна – модрина, сосна – клен, сосна – липа, тощо. У контрольні чашки Петрі розкладаємо по 100 або 50 насінин деревної породи, алелопатичні властивості якої вивчаємо.

5. Закриваємо чашки Петрі і ставимо в термостат для пророщування при температурі 20-25 °С.

6. Пророщування проводимо протягом 15 діб. Кількість пророслих насінин рахуємо на 3, 5, 7, 10, 15 день. В кінці досліду заміряємо біометричні показники проростків.

7. Результати досліджень заносимо в табл. 20, 21 і будуємо графіки.

8. Зробити висновки.

### **Контрольні питання**

1. Що таке алелопатія? Як вона проявляється?
2. Механізм алелопатичної алелопатичної взаємодії прижиттєвих виділень рослин і післядії продуктів метаболізму.
3. Наведіть приклади алелопатії деревних рослин.

Таблиця 20. Динаміка проростання насіння різних деревних порід в умовах алелопатичної взаємодії

Варіант досліду	Повтор- ність	Дні спостереження					Проростання, %
		3	5	7	10	15	
		Кількість пророслих насінин					
Сосна (контроль)	1						
	2						
	3						
	4						
	Сер.						
Сосна/Ялина	1						
	2						
	3						
	4						
	Сер.						
Сосна/Модрина	1						
	2						
	3						
	4						
	Сер.						

Таблиця 21. Біометричні показники проростків сосни в умовах алелопатичної взаємодії

Вид	Корінь				Проросток			
	M±m	%	t <sub>φ</sub>	v, %	M±m	%	t <sub>φ</sub>	v, %
Сосна (контроль)								
Сосна/Ялина								
Сосна/Модрина								

## Практична робота 21: **ВИЗНАЧЕННЯ ЖАРОСТІЙКОСТІ ТА СОЛЕСТІЙКОСТІ РОСЛИН**

**Мета роботи:** опанувати методику та визначити жаро- і солестійкість різних видів деревних рослин

**Об'єкти:** листки різних видів деревних рослин

**Прилади і реактиви:** водяна баня, 0,2 Н розчин соляної кислоти, 1,5; 1,0; 0,8; 0,6; 0,4% розчини NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, чашки Петрі.

### **Принцип методу**

Підвищення температури вище оптимальних значень обумовлює пригнічення фізіолого-біохімічних процесів, зниження ферментативної активності і як наслідок призводить до нагромадження токсичних речовин в клітинах. При значно вищих температурах від оптимальних спостерігається явище денатурації білка. При зануренні листків, що піддались дії високих температур у розчин кислоти відмічається їх побуріння. Це явище є результатом руйнування біологічних мембран, які стають легкопроникними для кислоти. Кислота, вступаючи у реакцію з хлорофілом призводить до зміни його кольору, як результат витіснення іонів магнію іонами водню. Листки, що не піддавались дії високих температур, при зануренні в розчин соляної кислоти кольору не змінюючись.

### **Хід роботи**

1. Визначення ступеня жаростійкості деревних рослин методом феофітинізації.

1.1. Взяти по п'ять листків різних видів деревних рослин і помістити у водяну баню при температурі 40 °С. Витримати листки при цій температурі протягом 10 хв. Після цього вийняти по одному листку кожного виду і розмістити у чашки Петрі з холодною водою.

1.2. Аналогічні дії виконати при підвищенні температури на кожні 10 °С. Таким чином поступово довести температуру води до 80 °С.

1.3. Воду у чашках Петрі замінити 0,2 Н розчином соляної кислоти. Витримати в ньому листки протягом 20 хв і визначити ступінь пошкодження. Результати досліджень занести в табл. 22.

Таблиця 22. **Визначення жаростійкості рослин за ступенем феофітинізації клітин мезофілу листка**

Вид	Температура, °С				
	40	50	60	70	80
	–	+	++	++	+++

Примітка: - побуріння відсутнє, + слабке, ++ середнє (більше 50%), +++ суцільне (сильне).

2. Визначення солестійкості деревних рослин.

2.1. Для індукції сольового стресу насіння проростити на розчинах хлориду натрію (NaCl), сульфату натрію (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) та гідрокарбонату натрію (NaHCO<sub>3</sub>) різних концентрацій, але вирівняних за значеннями осмотичного тиску (ізоосмотичні розчини, що відповідає модельним концентраціям розчину хлориду натрію (1,5; 1,0; 0,8; 0,6; 0,4%) .

2.2. Визначити енергію проростання (на 3 добу), лабораторну схожість насіння, довжину проростків та коренців (на 7 добу). Енергію росту та схожість виразити у відсотках до загальної кількості насінин, взятих на пророщування в кожній пробі.

2.3. Проаналізувати, одержані результати досліду.

3. Зробити висновки

### **Контрольні питання**

1. Що таке феофітинізація хлорофілу? Чим вона зумовлена?
2. Чому за дії пошкоджуючих факторів зростає ступінь феофітинізації?
3. У рослин якої екологічної групи найвищий рівень жаростійкості? В яких рослин цей рівень найнижчий?
4. Що таке сольовий стрес?

5. Як поділяються рослини за солестійкістю?
6. Які механізми пристосування у рослин до підвищеної концентрації іонів у ґрунтовому розчині?
7. Шляхи підвищення жаро- та солестійкості рослин.

На самостійне опрацювання у даному модулі виносяться питання:

1. Значення вчення про ріст для розробки заходів по підвищенню комплексної продуктивності лісових насаджень.
2. Система сприйняття і передачі подразнення у рослин.
3. Вегетативний і генеративний періоди в розвитку деревних рослин і їх взаємозв'язок.
4. Теорія циклічного старіння і омолодження рослин М.П.Кренке.
5. Гормональна теорія розвитку (роботи Ю. Сакса, М.Г. Холодного, М.Х. Чайлахяна).
6. Молекулярна теорія індивідуального розвитку рослин.
7. Використання термоперіодизму і фотоперіодизму в лісовому господарстві.
8. Періодичність плодоношення. Методи прогнозування і стимулювання плодоношення лісових дерев.
9. Морозостійкість пагонів в залежності від їх досягання. Способи боротьби з вимерзанням рослин.
10. Фізіологічні основи полезахисного лісорозведення.
11. Вплив затоплення на окремі види деревних рослин.
12. Фізіологія хворого дерева.
13. Дія іонізуючих випромінювань на рослини.
14. Стійкість рослин проти впливу шкідливих газів та пилу. Фізіологічні основи підбору асортименту деревних порід для створення зелених і санітарно-захисних зон навколо міст та промислових центрів.

## Контрольні питання та завдання до модуля

### «Ріст, розвиток, стійкість рослин»

1. Назвіть етапи онтогенезу рослинної клітини.
2. Назвіть етапи життєвого циклу вищих рослин.
3. Назвіть типи росту рослин. Що зумовлює різноманітність типів росту?
4. Що таке адвентивний ріст? Які структури називають адвентивними?
5. Що таке корелятивний ріст? Наведіть приклади практичного використання корелятивного росту.
6. Як змінюється швидкість росту з часом? Схарактеризуйте велику криву росту.
7. Поясніть, що таке періодичність росту, циркадна ритміка, біологічний годинник.
8. Поясніть явище полярності у рослин.
9. Назвіть системи регуляції морфогенезу рослин на рівні клітини і цілого організму.
10. Яке значення гормональної системи регуляції для багатоклітинних рослинних організмів?
11. Що таке фітогормони? Назвіть класи фітогормонів.
12. Які речовини є попередниками фітогормонів?
13. Назвіть основні прояви фізіологічної дії ауксинів, цитокінінів, гіберелінів, а також абсцизової кислоти та етилену.
14. Що таке фотоперіодизм? Яка функція фотоперіоду в регуляції росту і розвитку рослин?
15. Наведіть приклади рослин довгого і короткого дня та нейтральної групи.
16. Які ймовірні механізми дії фітохрому?
17. Як впливає температура на перехід рослин до цвітіння? Що таке яровизація?
18. Назвіть основні положення гормональної теорії цвітіння.
19. Поясніть участь фітохрому та біологічного годинника в індукції цвітіння.
20. Які процеси лежать в основі рухів рослин?
21. Сформулюйте основні положення гормональної теорії тропізмів.
22. Що таке настичні рухи?
23. Назвіть ймовірні механізми настій.
24. Що таке таксиси?

25. Назвіть основні форми розмноження рослин.
26. Назвіть основні стимулятори росту рослин природного та синтетичного походження. Як вони застосовуються на практиці?
27. Чому в практиці частіше використовують синтетичні, а не природні регулятори росту?
28. Як співвідносяться поняття стійкість рослин і надійність?
29. Чому властивий рослинам рівень стійкості проявляється лише під час дії екстремальних факторів?
30. Як пояснити різний рівень стійкості рослин до дії несприятливих чинників?
31. Під час тривалої посухи часто спостерігається масове опадання недостиглих плодів. Поясніть це явище.
32. В чому суть фізіологічних адаптацій?
33. Схарактеризуйте особливість біохімічних адаптацій?
34. За яких умов проявляються фенотипові адаптації?
35. Чому адаптовані рослини значно менше реагують на повторний або посилений вплив екстремального фактора?
36. Як змінюється морозостійкість органів і частин рослин в онтогенезі?
37. Якими шляхами здійснюється руйнування шкідливих речовин забруднювачів рослинними організмами?
38. Яке значення поживних речовин у зимуючих органах і тканинах рослин?
39. В яких органах багаторічних рослин відкладається більше поживних речовин?
40. Холодо-, морозо- та зимостійкість рослин. Шляхи їх підвищення.
41. Газостійкість та солестійкість деревних рослин.
42. Поняття ріст, розвиток, онтогенез.
43. Посухо-, тепло- та жаростійкість рослин. Шляхи їх підвищення.
44. Спокій насіння деревних: види і шляхи виведення з стану спокою.
45. Крива росту Сакса.

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Основна література

1. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин: Підручник. К.: Либідь, 2005. 835 с.
2. Власенко М. Ю., Вельямінова-Зернова Л. Д., Мацкевич В. В. Фізіологія рослин з основами біотехнології. Біла Церква: БДАУ, 2006. 504 с.
3. Макрушин М. М., Макрушина Є. М, Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин. Вінниця: Нова книга, 2006. 413 с.
4. Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми: Університетська книга, 2004. 463 с.
5. Скляр В. Г. Екологічна фізіологія рослин. Підручник. Суми: Університетська книга, 2015. 271 с.
6. Тарнопільська О. М. Фізіологія рослин. Конспект лекцій. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 159 с.

### Допоміжна література

1. Pallardy S. G. Physiology of Woody Plants. Third Edition. Elsevier, 2008. 454 pp.
2. Hiron A., Thomas P. Applied Tree Biology. Wiley-Blackwell, 2018. 422 p.
3. Taiz L., Zeiger E. Plant Physiology. 3rd Edition. Sinauer Associates, 2002. 690 p.

### **Адреси сайтів в INTERNET**

1. <http://www.plantphysiol.org/>
2. [https://snvfk.at.ua/ld/0/2/Fiziologi\\_m.pdf](https://snvfk.at.ua/ld/0/2/Fiziologi_m.pdf)
3. <http://biology.org.ua/index.php?subj=main&lang=ukr&chapter=lib>
4. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Biology/phoc.html>
5. [https://pidruchniki.com/86580/ekologiya/ekologichna\\_fiziologiya\\_roslin](https://pidruchniki.com/86580/ekologiya/ekologichna_fiziologiya_roslin)
6. [http://eprints.kname.edu.ua/51778/1/2018%20%D0%BF%D0%B5%D1%87.%2070%D0%9B%20%D0%9B%D0%9A\\_%D0%A4%D1%96%D0%B7%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F%20%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B8%D0%BD\\_.pdf](http://eprints.kname.edu.ua/51778/1/2018%20%D0%BF%D0%B5%D1%87.%2070%D0%9B%20%D0%9B%D0%9A_%D0%A4%D1%96%D0%B7%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F%20%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B8%D0%BD_.pdf)
7. <http://www.bonsai.ru/dendro/phcontent.html>
8. <http://xn--e1alidfj.xn--p1ai/%D0%B6%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D1%8C-%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%B0/%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F-%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D1%8C%D0%B5%D0%B2/>



