

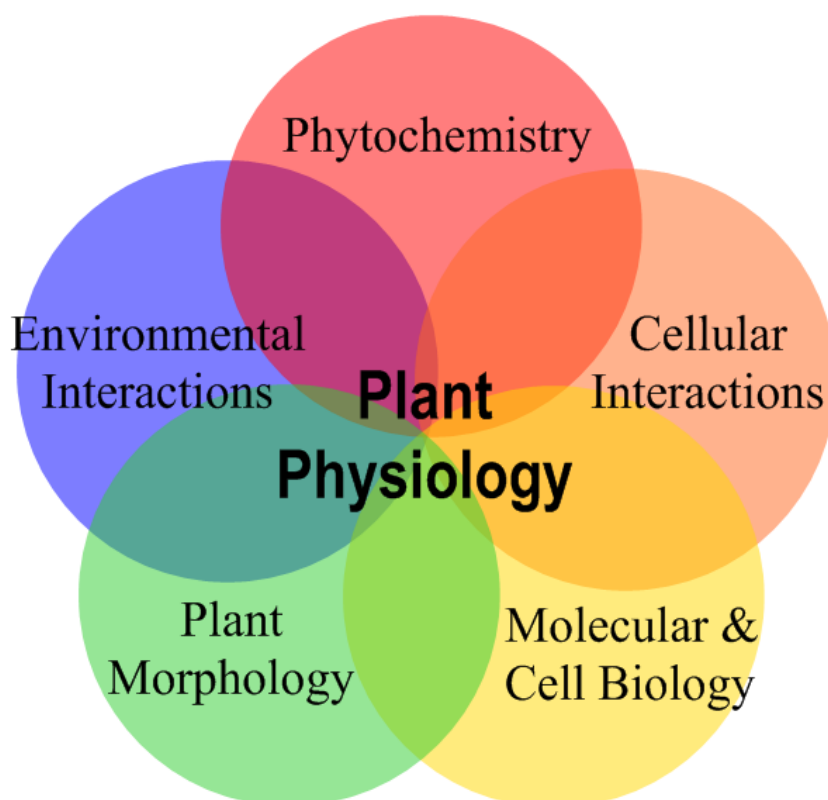
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра ботаніки та екології

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ФІЗІОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТУ РОСЛИН

для студентів спеціальності 101 Екологія

Частина I



Кривий Ріг – 2021

УДК 581.1.(076.5)

Укладач: Перерва В.В., к.пед.н., асистент

Рецензенти: : Гнілуша Н.В., к.пед.н., доц.

Комарова І.О., к.б.н., ст.викл.

Рекомендовано кафедрою ботаніки та екології
протокол №4 від «22» листопада 2021 р.

рекомендовано вченою радою природничого
факультету КДПУ
протокол №4 від «25» листопада 2021 р.

Перерва В.В. (уклад.) Лабораторний практикум з фізіології та захисту рослин для студентів спеціальності 101 Екологія. Частина перша. Кривий Ріг: КДПУ, 2021. 50 с.

Лабораторний практикум включає методичні рекомендації до лабораторних робіт з курсу „Фізіологія та захист рослин” щодо вивчення фізіології рослинної клітини, водного режиму, фотосинтезу, дихання, мінерального живлення, стійкості, росту і розвитку рослинного організму, виконання яких дозволяє закріпити знання з теоретичного курсу, набути навичок експериментальної роботи та оволодіти методами досліджень в галузі фізіології та екології рослин.

Частина перша охоплює тематику лабораторних робіт з розділів „Особливості фізіологічних процесів рослин на клітинному та організмовому рівнях” та „Процеси асиміляції та дисиміляції у рослин”.

Призначений для студентів IV курсу бакалаврату спеціальності 101 Екологія.

ЗМІСТ

Передмова.....	
I. ОСОБЛИВОСТІ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РОСЛИН НА КЛІТИННОМУ ТА ОРГАНІЗМОВОМУ РІВНЯХ	
<i>Лабораторна робота 1. Рослинна клітина як осмотична система. Явища плазмолізу.....</i>	5
<i>Лабораторна робота 2. Проникність протоплазми при пошкодженні клітин у рослин.....</i>	7
<i>Лабораторна робота 3. Вивчення сисної сили рослин рефрактометричним методом та методом вимірювання відрізків.....</i>	8
<i>Лабораторна робота 4. Визначення осмотичного тиску клітинного соку рослин плазмолітичним методом (за де-Фрізом).....</i>	11
<i>Лабораторна робота 5. Виявлення захисної дії цукрів на цитоплазму клітин при низьких температурах.....</i>	14
<i>Лабораторна робота 6. Вплив фітогормонів на ріст та розвиток рослин...</i>	16
II. ПРОЦЕСИ АСИМІЛЯЦІЇ ТА ДИСИМІЛЯЦІЇ У РОСЛИН	
<i>Лабораторна робота 7. Дослідження стану продохів (за методом Молотковського-Полаччі та інфільтраційним методом за Молішем)</i>	18
<i>Лабораторна робота 8. Визначення інтенсивності транспірації на торсійних терезах (за Л.А.Івановим)</i>	21
<i>Лабораторна робота 9. Визначення інтенсивності транспірації ваговим методом.....</i>	24
<i>Лабораторна робота 10. Визначення водного дефіциту рослин.....</i>	26
<i>Лабораторна робота 11. Визначення водоутримуючої сили методом зав'ядання (за Арландом).....</i>	28
<i>Лабораторна робота 12. Визначення вмісту води та сухої речовини у рослинах. Поняття гігоморфи.....</i>	30
<i>Лабораторна робота 13. Визначення втрати сухої речовини під час проростання насіння.....</i>	32
<i>Лабораторна робота 14. Приготування витяжки рослинних пігментів та їх розподіл за Г.Краусом.....</i>	32
<i>Лабораторна робота 15. Добування феофітину та зворотнє відновлення металоорганічного зв'язку.....</i>	36
<i>Лабораторна робота 16. Визначення інтенсивності фотосинтезу за кількістю накопиченої сухої речовини (метод листкових половинок).....</i>	39
<i>Лабораторна робота 17. Визначення чистої продуктивності фотосинтезу.....</i>	43
<i>Лабораторна робота 18. Виділення кисню зеленою рослиною на світлі.....</i>	45
<i>Література.....</i>	47

Передмова

Фізіологія та захист рослин – це наука про організацію, координацію та регуляцію функціональних систем зеленої рослини. Основним її завданням є пізнання закономірностей життєдіяльності рослин, розкриття молекулярних основ складних функцій та механізмів їх регуляції в системі цілісного організму.

Фізіологія та захист рослин є фундаментальною біологічною дисципліною, вивчення якої здійснюється впродовж 4 курсу денного відділення спеціальності 101 Екологія та є логічним послідовним кроком у формуванні системи знань про структуру та функціонування рослинного організму у майбутніх фахівців-екологів.

Базою вивчення цієї дисципліни є знання отримані при опануванні навчального змісту дисциплін циклу фахової підготовки: біології, загальної екології та неоекології, садово-паркового господарства, фітодизайну та ін.. В той же час розуміння основних механізмів здійснення фізіологічних процесів рослинних організмів на різних рівнях (від молекулярного до організмового) є необхідною передумовою підготовки студентів для вивчення інших фундаментальних біологічних дисциплін.

Об'єкт фізіології та захисту рослин - це еукаріотичний організм з фототрофним засобом живлення, який є основою специфічного обміну зелених рослин-продуцентів.

Перша частина «Лабораторного практикуму» містить повний обсяг лабораторних робіт, передбачених навчальною програмою за темами «Особливості фізіологічних процесів рослин на клітинному та організмовому рівнях» та «Процеси асиміляції та дисиміляції у рослин».

Кожна робота включає короткий огляд теоретичного матеріалу за темою дослідження, що в значній мірі спрямовує студента на опанування теми з метою практичного підтвердження робочої гіпотези або ж деталізації вивчення певного фізіологічного явища або процесу.

При виконанні робіт, передбачених «Лабораторним практикумом» перед студентами ставляться наступні завдання: набуття практичних навичок щодо дослідження певних фізіологічних явищ; опрацювання вміння планувати експеримент, моделювати необхідні умови для спостереження, здійснювати поточний контроль за перебігом експерименту, аналізувати, порівнювати та обґрунтовувати результати практичних досліджень, роблячи змістовні висновки.

Наведені лабораторні роботи можуть бути використані під час виконання курсових та кваліфікаційних проектів, а також модифіковані залежно від спрямованості наукових досліджень студента.

I. ОСОБЛИВОСТІ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РОСЛИН НА КЛІТИННОМУ ТА ОРГАНІЗМОВОМУ РІВНЯХ

Лабораторна робота 1.

Тема: РОСЛИННА КЛІТИНА ЯК ОСМОТИЧНА СИСТЕМА.

ЯВИЩА ПЛАЗМОЛІЗУ

Мета: визначити сутність та умови проходження плазмолізу та деплазмолізу в рослинних клітинах.

Обладнання, об'єкти та реактиви: скальпелі, препарувальні голки, предметні скельця, накривні скельця, мікроскопи; луски синьозабарвленої цибулі (*Allium cepa*) або інші об'єкти; 1 М розчини плазмолітиків (сахароза, NaCl), скляні палички, стаканчики з водою, фільтрувальний папір, пінцети.

Основні відомості:

Плазмоліз – це відокремлення протопласта від оболонки рослинної клітини. Явище протилежне деплазмолізу.

Причиною плазмолізу є зменшення об'єму внутрішньоклітинного вмісту через втрату води під дією гіпертонічних розчинів. Плазмоліз (рис. 1, 2) можливий лише у життєздатній та функціонально цілісній клітині. Процес повернення клітини до нормального стану у гіпотонічному розчині називають деплазмолізом (рис. 1).

Гіпертонічний
Розчин
 $C_{\text{розчину}} < C_{\text{кліт. соку}}$

Ізотонічний
розчин
 $C_{\text{розчину}} = C_{\text{кліт. соку}}$

Гіпотонічний
розчин
 $C_{\text{розчину}} > C_{\text{кліт. соку}}$

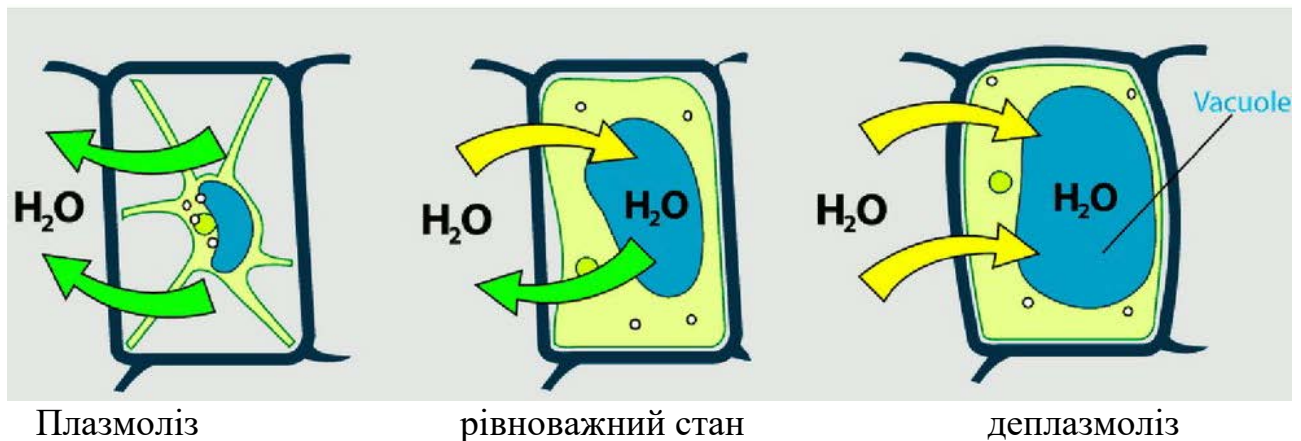


Рис.1. Явища плазмолізу та деплазмолізу рослинних клітин

У зів'ялих рослин плазмоліз не відбувається, але можна спостерігати явище циторизу, коли плазмалема не відокремлюється від оболонки і клітина зморщується.

Хід роботи:

1. З розрізаної синьозабарвленої цибулі відокремте луски і пінцетом відділіть шматочок тонкої зовнішньої плівки (епідерми, розміром 0,5 x 0,5 см).

Помістіть плівку в краплину води на предметне скло, накривши покривним скельцем.

2. Досліджуваний об'єкт на предметному склі розгляньте під мікроскопом. Відшукайте клітини з найінтенсивнішим забарвленням, не деформовані.

3. Замалуйте клітини епідерми цибулі.

4. Фільтрувальним папером відтягніть воду від препарату. З протилежного нанесіть піпеткою краплину 1 М розчину сахарози або NaCl. Поступово (за 1-4 хвилини) плазмолітик почне надходити до клітини.

5. Спостерігайте як цитоплазма починає відставати від оболонки в кутках клітини. Відокремлення збільшується, і протопласт набуває овальної конфігурації посередині клітини. Замалуйте клітини в стані плазмолізу.

6. Піпеткою біля покривного скла нанесіть декілька крапель води і фільтрувальним папером 3-4 рази обережно протягніть воду через препарат, щоб під покривним склом створити розчин з меншою концентрацією, ніж має клітинний сік.

7. Коли клітина насичується водою (в результаті заміни розчину плазмолітика) її вакуоля розтягується і протопласт поступово заповнює всю клітину.

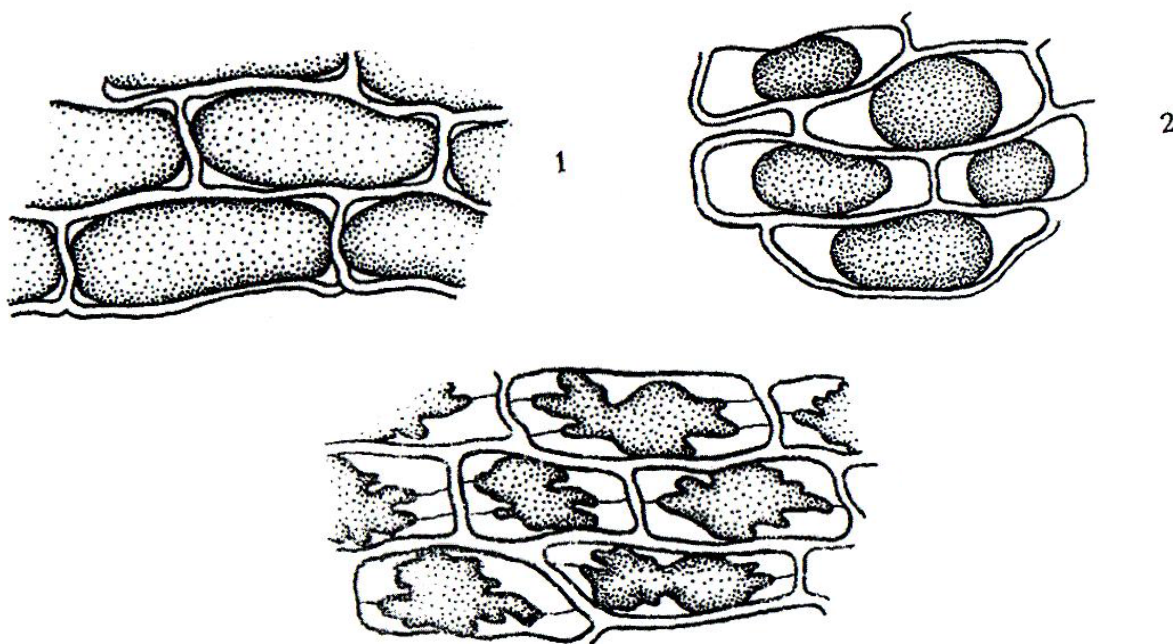


Рис.2. Різні форми плазмолізу в клітинах епідерми цибулі.

1 – кутовий, 2 – опуклий, 3 – спазматичний (драглистий) плазмоліз

Контрольні питання:

1. Дайте визначення поняттям: плазмоліз, деплазмоліз, дифузія, осмос, тургор, циториз; ізотонічна, гіпотонічна та гіпертонічна концентрація розчину.
2. Плазмоліз властивий для клітин.... (тварин, рослин, грибів?)
3. За яких умов відбувається плазмоліз?
4. Які існують форми плазмолізу?
5. Чи може проходити плазмоліз у неживих клітинах?
6. Пояснити явище циторизу.

Лабораторна робота 2.

Тема: ПРОНИКНІСТЬ ПРОТОПЛАЗМИ ПРИ ПОШКОДЖЕННІ КЛІТИН У РОСЛИН

Мета: виявити біологічну роль плазматичних мембран та вплив на їх проникність температурного та хімічного факторів.

Обладнання, об'єкти та реактиви: пінцети, скальпель, спиртівка, піпетка, столовий буряк (*Beta vulgaris*), розчин оцтової кислоти, етилового спирту, хлороформу.

Основні відомості:

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

Хід роботи:

З очищених столових буряків нарізають невеличкі шматочки коренеплоду (1-2 см завдовжки і 0,5 см завширшки), промивають їх водою доти, поки вода не стане прозорою. Потім кладуть по однаковій кількості шматочків відмитої тканини у 5 пробірок. У перші дві пробірки наливають по 10 мл водопровідної води, у третю – 10 мл 30% розчину оцтової кислоти, у 4 - 10мл 50%го розчину етилового спирту, у 5 – 10 мл води і 5-6 крапель хлороформу (за умов наявності витяжної шафи!).

Перша пробірка є контролем. Другу пробірку кип'ятять кілька хвилин. Після цього всі пробірки залишають на 30 хвилин. Потім пробірки струшують і за інтенсивністю забарвлення визначають ступінь пошкодження тканин під дією того або іншого фактору. Результати спостережень записують за формою (табл.1).

Таблиця 1 – Визначення проникності протоплазми *Beta vulgaris*

Варіант дослідю	Ступінь забарвлення, бали
Контроль	
Кип'ятіння	
Спирт	
Оцет	
...	

Окомірно визначають ступінь забарвлення розчину за бальною системою.

Контрольні запитання:

1. Наведіть дефініції таких термінів: клітина, мембрана, протопласт, клітинна стінка у рослин, грибів ; плазмалема; тонопласт
2. Які фактори порушують проникність мембрани?
3. Чому для цієї лабораторної роботи ми обрали коренеплоди буряка?

Лабораторна робота 3.

Тема: ВИВЧЕННЯ СИСНОЇ СИЛИ РОСЛИН РЕФРАКТОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ ТА МЕТОДОМ ВИМІРЮВАННЯ ВІДРІЗКІВ

Мета: Визначити сисну силу клітин різних рослин і пояснити, чому змінюється цей показник.

Обладнання, об'єкти та реактиви: листя пеларгонії, бульби картоплі, цибулина цибулі, листя алое, коренеплід моркви, коренеплід буряку. Бюретки, воронки, скальпель, великий пінцет, скляні палички, 1 М розчин сахарози, рефрактометр, штативи з великими і маленькими пробірками, скляні піпетки з поділками, препарувальні голки, леза, свердло, фільтрувальний папір, серветки, стеклограф, термометр для вимірювання температури повітря.

Основні відомості:

Визначення сисної сили клітин рослин рефрактометричним методом.

При зануренні рослинної тканини у розчин електроліта (NaCl) або неелектроліта (сахароза) певної концентрації остання змінюється внаслідок обміну водою між клітинами і розчином. Зміна концентрації розчину веде за собою зміну показника заломлення, що можна визначити за допомогою рефрактометра. Той розчин, показник якого не змінився після досліду, буде ізотонічним. Враховуючи цей показник, розраховують сисну силу рослин (S):

$$S = P_{\text{осм}}$$

$$P_{\text{осм}} = RTCi,$$

де R – універсальна газова константа (0,00831 кДж/град*моль), T – абсолютна температура (273 + t°C), C – ізотонічна концентрація моль/л, i – ізотонічний коефіцієнт (коефіцієнт Ван-Гоффа), для розчину сахарози i = 1.

Хід роботи:

(виконується кількома групами студентів на різних рослинних об'єктах):

Готують розчини сахарози концентрацією від 0,9 до 0,1 М по 10 мл у великі пробірки. По 0,5 мл кожного розчину переносять піпеткою з поділками у малі пробірки. Свердлом роблять висічки (кружечки) з рослинного об'єкту (попередньо вирізавши з нього пластину завтовшки 1 мм). По 3 кружечки занурюють у маленькі пробірки з розчинами різної концентрації. Стежать, щоб зрізи не спливали на поверхню.

Висічки з рослинних об'єктів залишають у розчинах на 40-60 хв. За цей час за допомогою рефрактометра визначають початковий показник заломлення розчинів з великих пробірок (до початку досліду). Аналогічним чином визначають показник заломлення розчину у маленьких пробірках після закінчення досліду.

За отриманими результатами знаходять ізотонічний розчин, розраховують сисну силу. Результати досліду записати в таблицю (табл.2).

Таблиця 2 – Сисна сила клітин

Концентрація розчину, моль/л	Кількісний склад, мл		Величина коефіцієнту заломлення (%)		Ізотонічна конц., моль/л	Об'єкт	Сисна сила, МПа
	1 м сахарози	води	До досліду	Після досліду			
0,9	9	1					
0,8	8	2					
0,7	7	3					
0,6	6	4					
0,5	5	5					
0,4	4	6					
0,3	3	7					
0,2	2	8					
0,1	1	9					

На основі даних, отриманих різними робочими групами, заповнити таблицю (табл.3) показників величини сисної сили у різних рослин.

Таблиця 3 – Сисна сила клітин різних тканин, органів рослин

Об'єкт дослідження	Орган	Сисна сила, МПа

Примітка: МПа - мегапаскалі

Завдання 2. Визначити всисну силу рослинних клітин методом вимірювання відрізків (за М.Ф. Лілієнштерн).

Об'єкт: бульба картоплі.

Матеріали та обладнання: бюретки, воронки, скальпель, лезо, пінцети, фарфорові чашки для лінійки розчинів, картонні кришки з позначками від 0, 1М до 0,9 М, міліметровий папір, препарувальне скло, 1М розчин сахарози, штатив з великими та маленькими пробірками.

Основні відомості:

Водообмін між рослинною клітиною і розчином визначається співвідношенням їх всисних сил, тобто розчинник (вода) пересувається в бік більшої всисної сили. Якщо рослинна тканина занурена в розчин, всисна сила якого більша за всисну силу клітини, вода виходить з клітини назовні, і розміри клітин (об'єм) зменшуються. В протилежних мовах вода надходить до клітин, їх розміри збільшуються. Якщо зразок рослинного об'єкту має форму вузької смужки, її довжина збільшується або зменшується. Якщо довжина не змінилася, розчин є ізотонічним.

Хід роботи:

Рештки розчинів з великих пробірок, що були виготовлені при виконанні завдання 1, переливають у фарфорові чашки і накривають їх картонними

кришками з позначкою про концентрацію. На препарувальному склі роблять смужки з бульби картоплі завдовжки 30-35 мм, завширшки 5 мм, завтовшки 2-3 мм. У кожен чашку опускають по 2 такі смужки і залишають на 20-30 хв. Після досліду за допомогою міліметрового паперу заміряють довжину кожної смужки.

Найкоротша смужка має $T_1=0$, тоді $P_1= S_1$ (сисна сила дорівнює тургорному тиску). Для кожної концентрації визначають S.

Між осмотичним тиском і довжиною смужки існує протилежна залежність:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{l_2}{l_1}, \text{ відповідно, } P_2 = \frac{(P_1 * l_1)}{l_2}, P_3 = \frac{(P_3 * l_1)}{l_3} \text{ тощо}$$

Тургор дорівнює $(P - S)$, тобто $T_2 = P_2 - S_2, T_3 = P_3 - S_3$ і т.д.

Результати досліду занести в таблицю (табл.4), накреслити за її даними графіки залежності між S, P, T.

Таблиця 4 – Сисна сила клітин

Концентрація (в Моль/л) Показники, що вивчаються	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Довжина смужки до досліду, мм									
Довжина смужки після досліду, мм									
S, МПа									
P, МПа									
T, МПа									

Контрольні питання:

1. Що таке осмос? Якими показниками характеризується осмос?
2. Що таке сисна сила рослин?
3. Що таке тургорний тиск?
4. Який осмотичний показник є основним при надходженні води в клітину осмотичним шляхом?
5. Яка існує залежність між S, P, T?

Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ОСМОТИЧНОГО ТИСКУ КЛІТИННОГО СОКУ РОСЛИН ПЛАЗМОЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ (ЗА ДЕ-ФРІЗОМ)

Мета: опрацювати методiku визначення осмотичного тиску клітинного соку дослідних рослин плазмолітичним методом; виявити специфічність впливу плазмолітика залежно від виду рослин та їх стану (віку).

Обладнання, об'єкти та реактиви: мікроскоп, предметні та покривні скельця, препарувальні голки, 1 М розчин плазмолітика - NaCl або сахарози, 6 пробірок, піпетки, лезо, препарувальні голки. Об'єкт дослідження: епідерміс синьої цибулі (*Allium sera*).

Основні відомості:

Рослинна клітина поглинає з навколишнього середовища воду, мінеральні солі. Різні за фізико-хімічними властивостями речовини поглинаються відповідними механізмами переносу їх крізь клітинні мембрани. При надходженні води в рослину велику роль відіграють такі фізико-хімічні фактори, як дифузія, осмос і електроосмос.

Осмос – це дифузія речовин крізь напівпроникну мембрану, яка розділяє розчин і чистий розчинник або два розчини з різною концентрацією.

Рух води в концентрований розчин крізь напівпроникну мембрану обумовлює появу гідростатичного тиску в тій частині системи, куди рухається вода. Цей надлишковий гідростатичний тиск зі сторони розчину, який перешкоджає дифузії води, називають осмотичним тиском. Осмотичний тиск тим вищий, чим більша концентрація розчину. Проявом осмотичних властивостей рослинних клітин є явище плазмолізу.

Один із методів визначення осмотичного тиску рослинної клітини – плазмолітичний. Він ґрунтується на знаходженні ізотонічної концентрації зовнішнього розчину, тобто концентрації, яка є еквівалентною концентрації клітинного соку. Знаючи її можна обчислити осмотичний тиск клітинного соку за рівнянням Вант-Гоффа:

$$P_{\text{осм}} = R \cdot C \cdot T \cdot i, \text{ де}$$

Де P – осмотичний тиск, R – універсальна газова стала 0,0821 л атм/град моль, C – концентрація розчину в молях, T – абсолютна температура ($273+t^{\circ}\text{C}$), i – ізотонічний коефіцієнт. Для неелектролітів, наприклад, для сахарози, $i=1$. Для електролітів величина i залежить від числа іонів, на які розпадаються молекула і від ступеня дисоціації (табл.5).

Таблиця 5 - Значення ізотонічного коефіцієнту для розчинів NaCl

Концентрація NaCl, М	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Ізотонічний коефіцієнт	1,62	1,84	1,66	1,68	1,70	1,75	1,78	1,83	1,93

Для кожної клітини можна підібрати наступні розчини: гіпотонічний – у якого осмотичний тиск менший, ніж осмотичний тиск клітинного соку,

ізотонічний – осмотичний тиск розчину дорівнює осмотичному тиску клітинного соку, гіпертонічний – осмотичний тиск розчину більший за осмотичний тиск клітинного соку (викликає плазмоліз).

Хід роботи:

Із вихідного 1М розчину плазмолітика приготувати по 10 мл розчинів зі концентраціями від 0,1 до 0,7 молярного. Для цього треба виконати необхідні розрахунки і записати отримані дані в таблицю

Приготування розчинів необхідної концентрації

1. Для приготування 1М розчину NaCl слід взяти

Як приготувати розчини NaCl з наступними концентраціями, використовуючи 1М NaCl та дистильовану воду? (табл.6)

Таблиця 6 – Приготування розчину NaCl заданої концентрації

Об'єм розчинів, мл	Концентрація NaCl						
	0,1М	0,2М	0,3М	0,4М	0,5М	0,6М	0,7
1М розчину NaCl							
H ₂ O							

Загальний об'єм у кожній пробірці повинен бути 10 мл:

Отримані розчини розливають по пробіркам і закривають пробками для запобігання випаровування. Пробірки пронумеровують і розміщують в порядку зменшення концентрації. Після цього в кожену пробірку поміщають зрізи з шкірочки синьої цибулі або валіснерії.

Після 20-хвилинного витримування зрізів у розчинах їх виймають і скляною паличкою кладуть на предметне скло в краплину того самого розчину, накривають накривним скельцем і розглядають під мікроскопом (від більшої до меншої концентрації).

Поступово розглядаючи зрізи усіх розчинів встановлюють, при якій концентрації настає початкова стадія плазмолізу, тобто коли цитоплазма тільки починає відставати по кутах від оболонки.

Визначивши ступінь плазмолізу клітин у кожному розчині, знаходять ізотонічну концентрацію як середнє арифметичне між концентрацією, при якій ще не спостерігається плазмоліз і концентрацією, яка спричинює його (табл.7).

Таблиця 7 – Ступінь плазмолізу клітин залежно від концентрації плазмолітика

Об'єкт та ступінь плазмолізу	Концентрація розчину плазмолітика NaCl						
	0,1М	0,2М	0,3М	0,4М	0,5М	0,6М	0,7М

Ступінь плазмолізу записати словами – сильний, слабкий, середній, дуже сильний, дуже слабкий.

Записати значення температури повітря в аудиторії та обчислити абсолютну температуру T (К): $t^{\circ}\text{C} = T$ (К) =

Обчислити ізотонічну концентрацію (C_i): C_i (моль/л) =

Ізотонічний коефіцієнт (залежно від концентрації) складає

Знайшовши ізотонічну концентрацію розчину та ізотонічний коефіцієнт, обчислюють осмотичний тиск за рівнянням Вант-Гоффа (напишіть рівняння):

$P = \dots$, де: P (Па) - R (Дж/(моль*К)) - T (К) - C (моль/л) - i –

Контрольні питання:

1. Пояснити залежність від виду, віку, місцезростання.
2. Дайте визначення термінам: осмос, ізотонічна концентрація, осмотичний тиск, тургор, тургорний тиск,.
3. Про що свідчить рівень осмотичного тиску дослідної рослини?
4. На чому ґрунтується метод визначення осмотичного тиску за Де-Фрізом?
5. Зрізи рослинної тканини занурені у розчини 1М сахарози та 1М хлориду натрію. Поясніть, в якому з цих розчинів і чому буде спостерігатися більш сильний плазмоліз?
6. У якої з рослин вище осмотичний тиск клітинного соку: у рослини, що росте в темному вологому лісі, або у степної рослини? Відповідь обґрунтуйте.

Задача 1 Клітина знаходиться в стані повного насичення водою. Розчин з осмотичним тиском 0,8 та 1,0 МПа викликали плазмоліз клітини досліджуваної тканини, а в розчинах, осмотичний тиск яких 0,4 та 0,6 МПа, плазмолізу не спостерігалось. Чому дорівнює осмотичний тиск (P) цієї клітини?

Задача 2. Обчисліть осмотичний тиск 0,2 М розчину KCl при 7°C , якщо ізотонічний коефіцієнт цього розчину – 1,8.

Задача 3 Клітина занурена в дистильовану воду. Опишіть переміщення води в цій системі.

Лабораторна робота 5.

Тема: ВИЯВЛЕННЯ ЗАХИСНОЇ ДІЇ ЦУКРІВ НА ЦИТОПЛАЗМУ КЛІТИН ПРИ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Мета: виявити кріопротекторну дію цукрів на цитоплазму рослинних клітин, виявити біологічне значення цукрів для формування морозо- та холодостійкості.

Обладнання, об'єкти та реактиви: коренеплід буряку столового, мікроскоп, предметні і покривні скельця, бритви, скальпелі, термометр, кристалізатори, шпателі, пробірки, піпетки, місткістю 5 і 10 мл, воскові олівці, лід, кухонна сіль, 1 М розчин сахарози, 8% розчин NaCl.

Основні відомості:

Основна згубна дія низьких негативних температур на рослинний організм пов'язана з утворенням льоду. Причому кристали льоду утворюються як в середині клітини, так і в міжклітинниках. У цьому випадку руйнується структура цитоплазми і клітина гине. Основне значення в розвитку стійкості рослин до морозу має накопичення сахарози та інших олігосахаридів під час проходження рослиною першої стадії загартування. В наслідок накопичення цукрів в клітинах підвищується осмотичний тиск, знижується точка замерзання розчинів, захищається велика кількість води від замерзання і цим самим зменшується кількість утворення кристалів льоду.

Хід роботи:

З коренеплоду столового буряку роблять зрізи у формі брусків довжиною 20 мм, завширшки 5 мм, товщиною 2-3 мм. Зрізи промивають у проточній воді та по 2 кидають у 3 пробірки. У першу пробірку наливають 5 мл води, у другу – 5 мл розчину сахарози 0,5 М, у третю – 5 мл розчину сахарози 1 М. Пробірки ставлять у охолоджувальну суміш льоду або снігу з сіллю у відношенні 3:1 на 20 хв, для заморожування. Потім пробірки виймають і ставлять у стакан для розморожування. Дивляться, де вода більше зафарбувалася у рожевий колір. Потім роблять тонкі зрізи і розглядають їх під мікроскопом, визначають, де живі, а де мертві клітини. Якщо клітини зафарбовані - вони живі, і навпаки.

Одночасно готують тимчасові мікропрепарати з кожного з брусків (з центральної частини, непошкодженої при розрізанні), замість дистильованої води додають 8% розчин NaCl. Препарати розглядають під мікроскопом і виявляють середню кількість плазмолізованих клітин в полі зору мікроскопу (у % до загальної кількості зафарбованих, а значить, живих клітин в полі зору) (табл.8).

Таблиця 8 – Виявлення захисної дії цукрів

Варіанти дослідів	Забарвлення розчину	Забарвлення зрізу	Середня кількість плазмолізованих клітин, %
Вода (контроль)			
Сахароза (0,5М)			
Сахароза (1,0)			

Результати спостережень по закінченню досліду схематично замальовують.

Контрольні питання:

1. Наведіть формулу сахарози. До якої групи органічних речовин її відносять?
2. Дайте визначення терміну "антифриз". Наведіть приклади природніх антифризів в окремих групах тварин.
3. Обґрунтуйте вираз «Зниження температури замерзання розведеного розчину нелеткої речовини пропорційно молярній концентрації розчину».
4. Температура замерзання розчину сахарози якої концентрації буде мати менше значення: 1 г/моль чи 0,5 г/моль?

Лабораторна робота 6.

Тема: ВПЛИВ ФІТОГОРМОНІВ НА РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН

Мета: виявити стимулюючий та інгібуючий вплив різних концентрацій стимуляторів росту на морфометричні показники проростків.

Обладнання, об'єкти та реактиви: ваги, чашки Петрі, мірні коли та циліндри, піпетки, фільтрувальний папір, насіння різних культур: пшениці, ячменю, кукурудзи та ін., гетероауксин, дистильована вода.

Основні відомості:

Фітогормони ауксини – речовини індольної природи. Основний представник групи ауксинів β-індолілоцтова кислота (ІОК) з емпіричною формулою $C_{10}H_9O_2N$ має назву гетероауксин (рис.3).

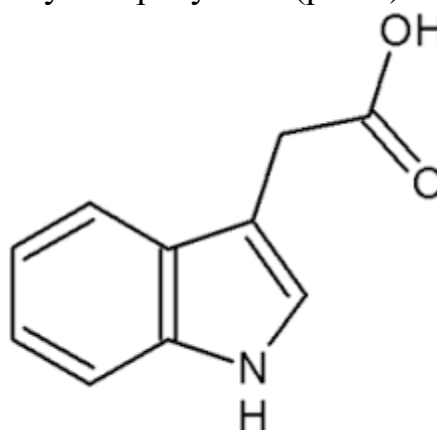


Рис.3. Гетероауксин

На клітинному рівні ІОК зв'язується зі специфічними рецепторами і впливає на функціональну активність мембран, полірибосом, роботу ядерного апарату. Контроль над процесами росту і розвитку за допомогою ауксинів можливий, якщо концентрація його в клітині буде регулюватись. Рівновага синтезу ауксинів, їх окиснення і зв'язування – все це механізми чутливої системи регуляції концентрації ІОК, а отже і процесів росту.

ІОК і деякі подібні до неї сполуки широко поширені в рослинах. Найбільше ІОК міститься в молодих ростучих меристематичних клітинах тканин верхівок стебел і коренів, молодих листках і плодах, зав'язі, пилку, бруньках тощо. Ауксини рухаються по рослині полярно, тобто з верхівки стебла вниз, а із верхівки кореня вгору. Найяскравішим проявом фізіологічної дії ауксинів є їх вплив на ріст клітин у фазі розтягання. Вони подібно до інших фітогормонів зумовлюють корелятивний ріст рослин. Живці, оброблені гетероаукином укорінюються у порід, які звичайно не укорінюються.

Дія ІОК залежить від її концентрації. Висока концентрація зумовлює гальмування росту. При цьому для різних рослин концентрація ІОК різко відрізняється. Концентрація ІОК різко відрізняється і для різних органів тієї самої рослини. У цій роботі ставиться мета знайти стимулюючу і гальмуючу концентрації гетероауксину на ріст коренів пшениці, кукурудзи та інших

культур. Метод ґрунтується на пророщуванні насіння на розчинах різних концентрацій гетероауксину та вимірювання довжини корінцю проростків.

Хід роботи:

У 6 чашок Петрі кладуть кружечки фільтрувального паперу. Папір зволожують 10 мл води (контроль) і розчинами гетероауксину (дослід) різних концентрацій 0,01% (10^{-2}), 0,001% (10^{-3}), 0,0001% (10^{-4}), 0,00001% (10^{-5}), 0,000001% (10^{-6}) розчину.

На зволожений фільтрувальний папір розкладають по 10-20 насінин, закривають чашки Петрі і ставлять у темряву при температурі 20-25⁰С. Через тиждень проводять вимірювання і знаходять середнє значення кожної проби (табл.9).

Таблиця 9 – Морфометричні показники проростків залежно від концентрації гетероауксину

Об'єкт	Варіант дослідження гетероауксину в %	Середня довжина корінців на одну рослину, мм	Довжина корінця, % від контролю	Стимулюючий ефект
	Контроль			
	0,01			
	0,001			
	0,0001			
	0,00001			
	0,000001			
	Контроль			
	0,01			
	0,001			
	0,0001			
	0,00001			
	0,000001			

Стимулюючий ефект розраховується за формулою:

$$E = \frac{l_k - l_0}{l_k} \cdot 100\% ,$$

де E – стимулюючий ефект; l_k – величина тест-реакції у контрольній пробі; l_0 – величина тест-реакції у досліджуваній пробі.

За результатами обчислень зробіть висновок.

Контрольні питання:

1. Яка хімічна природа гетероауксину?
2. Який механізм дії ауксину на ростові процеси?
3. Яке практичне значення має застосування гетероауксину в рослинництві?

II. ПРОЦЕСИ АСИМІЛЯЦІЇ ТА ДИСИМІЛЯЦІЇ У РОСЛИН

Лабораторна робота 7.

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПРОДИХІВ (ЗА МЕТОДОМ МОЛОТКОВСЬКОГО-ПОЛАЧЧИ ТА ІНФІЛЬТРАЦІЙНИМ МЕТОДОМ ЗА МОЛІШЕМ)

Мета: визначити стан продихів рослин різних видів методом відбитків.

Обладнання, об'єкти та реактиви: мікроскопи, предметні і накривні скельця, окуляр-мікрометр, об'єктив-мікрометр, спиртівки, пінцети, скляні банки, скляні палички, пензлики, кіноплівка; кімнатні рослини: бегонія, фуксія, аспідистра, алое та ін.; розчин колодію, розчин клею, безбарвний манікюрний лак, ацетон, грушева есенція.

Основні відомості:

Рух продихів має певну закономірність: у більшості рослин продихи на світанку відкриваються і досягають максимуму вранці.

Удень вони закриті, після полудня щілини продихів знову відкриваються, а на ніч закриваються (рис.4).

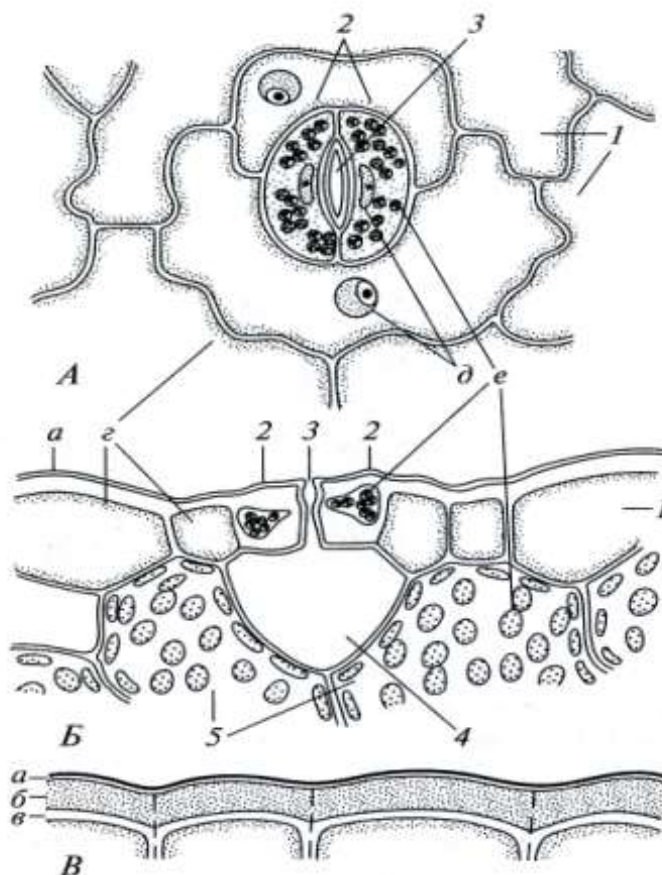


Рис.4. Епідерма (первинна покривна тканина):

А та Б – епідерма чабрецю (*Thymus*), В – епідерміс стебла цереуса (*Cereus*): 1 – клітини епідерми, 2 – замикаючі клітини продихів, 3 – продихова щілина, 4 – повітряноносна порожнина, 5 – клітини хлорофілоносної паренхіми, а – кутикула, б – цитоплазма, в – целюлозний шар клітинної стінки, г – цитоплазма, д – ядро з ядерцем, 5 – хлоропласти.

Добовий хід продихових рухів природних умовах вивчають методом відбитків, розробленим Г. Х. Молотковським і Полаччі.

Хід роботи:

1. Для проведення роботи використайте розчин безбарвного лаку в ацетоні або білок курячого яйця.
2. На нижній бік листка нанесіть пензликом або скляною паличкою мазок з цих розчинів. Дослідження проводять на репліках абаксіальної поверхні листка.
3. Після повного висихання на місці мазка утворюється тоненька плівочка з точним відбитком поверхні листка.
4. Плівку зніміть пінцетом, помістіть на предметне скло і розгляньте під мікроскопом при великому збільшенні.
5. Визначте середню кількість продихів у полі зору мікроскопа. Вставте у тубус мікроскопа окуляр-мікрометр і виміряйте довжину та ширину продихової щілини не менш ніж у 20 продихах. На основі отриманих даних обчисліть середнє значення та визначте площу продихової щілини за формулою: $S = \pi \cdot a \cdot b$, де a і b довжини продихової щілини.
6. Обчисліть загальну площу продихових щілин у полі зору мікроскопа.
7. Вимірявши діаметр поля зору мікроскопа, обчисліть площу за формулою: $S = \pi \cdot r^2$. Визначте площу, яку займають всі продихові отвори. Середні результати дослідів занесіть у таблицю, зробіть зарисовки і відповідні висновки про стан продихового апарату та залежність його від умов навколишнього середовища (табл.10).

Таблиця 10 – Морфометричні показники продихового апарату

Об'єкти вивчення	Тип продихового апарату	Середня кількість продихів		Розміри продихів			Кількість відкритих продихів
		нижній	верхній	ширина	довжина	площа	
...							

Контрольні питання:

1. Продихи: визначення, будова, місцезнаходження, функція.
2. Якщо порівняти кількість продихів на одиниці площі у рослин різних екологічних груп (гігоморф, рис.5), то їх кількість буде відрізнятися? Відповідь обґрунтуйте.

3. Як називаються типи листків, у яких продиhi знаходяться лише з нижнього боку листкової пластинки? Лише з верхньої? В приблизно однаковій кількості з верхнього і нижнього боку?
4. В чому суть дослідження стану продиhiv за методом Молотковського – Полаччі?
5. Які переваги цього методу над іншими?
6. Який фізіологічний механізм лежить в основі закривання і відкривання продиhiv.

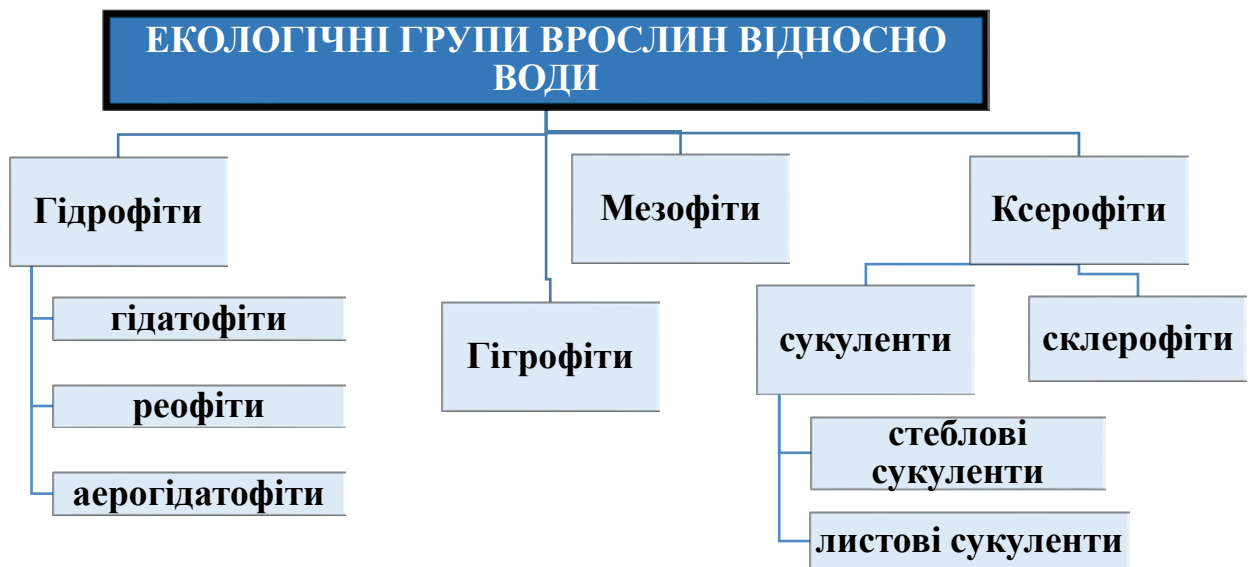


Рис.5 Екоморфи рослин

Примітка: Гігроморфи: ксерофіти, мезофіти, гідрофіти. Перехідні – мезоксерофіт, ксеромезофіт і т.п.

**Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТРАНСПІРАЦІЇ НА
ТОРСІЙНИХ ТЕРЕЗАХ (ЗА Л.А.ІВАНОВИМ)**

Мета: *опрацювати методуку використання торсійних терезів, визначити інтенсивність транспірації.*

Обладнання, об'єкти та реактиви: *торсійні терези, технічні ваги і різноважки, ножиці, пінцети, дослідні рослини, міліметровий папір.*

Основні відомості:

Цей метод ґрунтується на швидкому зважуванні листка, коли за зменшенням його маси визначають кількість випаруваної води. На відміну від попередньої роботи (визначення транспірації ваговим методом), при цьому методі можна враховувати зміни, які відбуваються в листку під час транспірації за короткі проміжки часу, що дає змогу вивчати транспірацію в такому стані насиченості водою, в якому він знаходився на рослині.

Інтервал між зважуваннями не повинен перевищувати 5-6 хвилин, тому що при тривалій експозиції зменшується вміст води в листку і інтенсивність транспірації знижується. Для швидкого зважування зручно користуватися торсійними терезами.

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

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

Характеризують транспірацію такі показники: інтенсивність, продуктивність, коефіцієнт і відносність. Кількість випаруваної води з одиниці листової поверхні за одиницю часу, називають інтенсивністю транспірації, яку виражають у $г/м^2 \cdot год$.

Кількість утвореної сухої речовини на 1 кг випаруваної води дістала назву продуктивності транспірації.

Транспіраційний коефіцієнт показує, скільки води рослина витрачає на побудову одиниці сухої речовини.

Відносною транспірацією називають відношення інтенсивності транспірації з одиниці площі листка до інтенсивності випаровування з такої самої площі вільної водної поверхні за одиницю часу.

Хід роботи:

Торсійні терези встановлюють горизонтально. Перевіряють нульове положення і зважують зрізаний листочок (масою не більш як 0.4 г) із точністю до 1 мг. Масу записують і через 5-6 хв зважування повторюють. Різниця між першим і другим зважуванням становитиме величину випаруваної води за цей проміжок часу. Після другого зважування обчислюють площу листка ваговим методом або на міліметровому папері. Як і у попередній роботі. Інтенсивність

транспірації цим методом визначають у різних видах рослин, в різних за віком листках, при дії різних факторів. Інтенсивність транспірації обчислюють за формулою, наведеною в попередній роботі (табл.11).

Таблиця 11 – Інтенсивність транспірації рослин

Об'єкт	Маса листків, мг	Повторність					Втрата води листками, мг		Інтенсивність транспірації, г/(м ² год.)
		1	2	3	4	5	Вага, мг	Відносне значення, %	
	(вихідна)						різниця вихідного значення та останнього зважування		Одне значення для певного виду рослин



Торсійні терези (рис.6) встановлюють горизонтально. Перевіряють нульове положення і зважують зрізаний листок (масою не більше, як 0,5 г) з точністю до 1 мг. Масу записують і через 15 хв. зважування повторюють. Різниця між першим і другим зважуванням становитиме величину випаруваної листком води за цей проміжок часу.

Рис.6. Торсійні терези

Інтенсивність транспірації обчислюють за формулою:

$$I_T = \frac{n \cdot 60 \cdot 10\,000}{s \cdot t}$$

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

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

s - площа листка, см²,

t - тривалість дослідження, хв.,

60 – коефіцієнт перерахунку хвилин в години,

10 000 – коефіцієнт перерахунку, см²/м².

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

Знаходять площу листка за пропорцією:

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

де a – маса квадрату паперу в 100 см^2 , г,
 b – маса контуру листка паперу, г,
 c – площа квадрата, см^2 ,
 s – площа листка, см^2 .

Приклад розрахунків:

Об'єкт	Площа листків, см^2	Вага листка, мг Повторність					Втрата води листками, мг		Інтенсивність транспірації, г/(м ² год.)
		1	2	3	4	5	Вага, мг	Відносне значення, %	
Гіркокаштан кінський	3,824	218	215	211	208	207			
Липа серцелиста	9,89	466	354	449	441	439			
Робінія псевдоакація	6,87	343	339	331	322	320			
Пояснення	S	(вихідна)				(кінцева)	n (різниця вихідного значення та останнього зважування)		Одне значення для певного виду рослин

Контрольні питання:

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

Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТРАНСPIРАЦІЇ ВАГОВИМ МЕТОДОМ

Мета: визначити інтенсивність транспірації та відносну транспірацію залежно від впливу деяких факторів (температури, вітру тощо).

Обладнання, об'єкти та реактиви: дослідні рослини; олія; технічні ваги з наважками, чашки Петрі, звичайний і міліметровий папір, лінійки, вентилятор, ножиці.

Основні відомості:

Транспірація (випаровування води рослинами) вимірюється кількістю випарованої води одиницею листової поверхні за одиницю часу. Величина транспірації залежить від багатьох факторів (температури, освітлення, водопостачання тощо), а також змінюється впродовж доби в межах 10-300 гм-2год-1.

Одним із методів визначення інтенсивності транспірації є ваговий, який базується на обліку кількості випарованої води. Цим методом можна визначити транспірацію цілої рослини або її частини.

Відносна транспірація - відношення інтенсивності транспірації до інтенсивності випаровування з вільної водної поверхні за тих самих умов. Цей показник характеризує здатність рослин регулювати транспірацію і становить 0,1-0,5, піднімаючись до 1, а у добре захищених від втрати води рослин дорівнює 0,01 і менше.

Хід роботи:

1. В пробірку налити воду, в яку занурити черешок листка (гілку). Попередньо зрізи поновити з метою видалення з трахей і трахеїд повітря.

2. На поверхню води в пробірці нанести 1-2 краплини рослинної олії і ретельно зважити її з точністю до третього знаку. За одну годину повторно зважити і визначити кількість випарованої води.

3. Отримати величину інтенсивності транспірації, поділивши кількість випарованої води в грамах на площу поверхні листової пластинки (см²).

4. Визначити площу поверхні листка. Для цього вирізати з паперу квадрат площею 100 см² (10x10 см) і зважити. Папір повинен бути рівномірним за щільністю. На цей квадрат накласти листок, який був у досліді, і гострим олівцем обвести контур його. Вирізати контур листка, встановити масу його і вирахувати площу за пропорцією. Поверхню листка ще простіше визначити після нанесення його контуру на міліметровий папір.

5. Обчислити інтенсивність транспірації T (в г/м² год) за формулою:

$$T = \frac{10000 \cdot C}{S \cdot t}$$

де C - кількість випарованої листком води за 1 год, г; t - тривалість досліді, год; S - площа листка, см².

6. Паралельно, за тих самих умов, визначити інтенсивність випаровування води з вільної водної поверхні (E). Для цього встановити кількість випарованої води за 1 год з поверхні чашки Петрі. Площу поверхні чашки Петрі підрахувати за формулою:

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

7. Розрахувати E за раніше наведеною формулою інтенсивності транспірації і обчислити величину відносної транспірації (ВТ):

$$ВТ = T/E.$$

Примітка. У досліді можна вивчити, як умови (освітленість, швидкість вітру та ін.) впливають на інтенсивність транспірації.

8. Порівняти різні види рослин і зробити висновки про здатність їх регулювати транспірацію.

9. Результати дослідів записати в таблиці.

Завдання:

1. Провести обчислення інтенсивності транспірації та відносної транспірації й результати подати у вигляді порівняльної таблиці (табл.12).

Таблиця 12 – Інтенсивність транспірації та відносна транспірація

Вид рослини	Площа листової пластинки	Маса до, г	Маса після, г	Води випарувалось	Тривалість досліду, год	Інтенсивність транспірації	Відносна транспірація
	S, cm^2	m_1	m_2	Δm	t		
					2		
					2		
					2		
Чашка Петрі					2		

Контрольні питання:

1. Що таке транспірація рослин?
2. Яке значення транспірації для рослин?
3. Що таке відносна транспірація?
4. Від яких факторів середовища залежить інтенсивність транспірації?
5. Якими методами можна обчислити площу поверхні листка?
6. Для чого в пробірку з листком наливають краплину олії?
7. Поясніть чому інтенсивність освітлення (вологість повітря, концентрація CO₂ тощо) впливають на інтенсивність транспірації.
8. Який вплив транспірації на продуктивність рослин?

Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ РОСЛИН

Мета: з'ясувати сутність та значення водного дефіциту рослин; визначити водний дефіцит у рослин за різних умов їх водозабезпечення.

Обладнання, об'єкти та реактиви: дослідні рослини в різних умовах водопостачання; дистильована вода; сушильна шафа, аналітичні ваги, бюкси, ексикатори, свердла 8 мм діаметром, фільтрувальний папір, щипці, фанерні або гумові пластинки, чашки Петрі або пробірки в штативах, піпетки.

Основні відомості:

Водний дефіцит – це нестача води, виражена у відсотках від загальної кількості її при повному насиченні тканин водою. Він може виникати у разі порушення водопостачання рослин і спричинювати тимчасові або тривалі зміни в інтенсивності біохімічних та фізіологічних процесів, що відбивається на продуктивності рослин. Тому цей показник використовують для оцінки рівня водозабезпеченості та діагностики поливу рослин.

Хід роботи:

Примітка. В роботі досліджують рослини, вирощені за різних умов водозабезпеченості.

Варіант I. Цілою листовою пластинкою

1. Листок без черешка зважити і помістити у воду (в чашках Петрі, стакані або пробірці) на 2 год (мінімум 90 хв) для насичення тканин водою.
2. Тургесцентні листки просушити фільтрувальним папером і зважити.
3. Для контролю листові пластинки знову занурити у воду і за 30 хв. зважити повторно.
4. Обвести контур листової пластинки на міліметровому папері або на папері в клітинку для подальшого обчислення площі.

Примітка. У разі повного насичення тканин водою їхня маса залишається такою самою, як і в попередньому зважуванні.

Варіант II (з використанням висічок листка)

1. Свердлом з діаметром 8 (10) мм зробити 10 висічок з листка, намагаючись обминути товсті жилки.
2. Висічки зважити і помістити у воду (в чашках Петрі або пробірках) на 2 год (мінімум 90 хв) для насичення тканин водою.
3. Тургесцентні висічки просушити фільтрувальним папером і зважити.
4. Для контролю диски знову занурити у воду і за 30 хв. зважити повторно.
5. Визначити масу сухої речовини в тканині помістивши листову пластинку (або висічки) в попередньо зважені бюкси та висушити впродовж близько 2 годин у сушильній шафі.
6. На основі одержаних даних обчислити показники **водного дефіциту (ВД)** у рослин:

$$\text{ВД} = \frac{a - b}{a} \cdot 100\%$$

де *a* – кількість води у висічках (листовій пластинці) за умов водонасичення, г;

b – початковий вміст води у висічках (листовій пластинці), г;

100 – коефіцієнт для перерахунку ВД, %.

7. Обчислити відносну тургесцентність (ВТ), яка показує, яку частку у відсотках становить початкова кількість води в листках від вмісту її в стані насичення:

$$ВТ = \frac{в - г}{д - г} \cdot 100\%$$

де *в* – маса сирої тканини до занурення її у воду, г;

г – маса сухої тканини до занурення її у воду, г;

д – маса тургесцентної тканини після насичення її водою, г.

8. Розрахувати дефіцит відносної тургесцентності (ДВТ) – кількість води, яка потрібна для досягнення листками рослин тургесцентного стану:

$$ДВТ = 100\% - ВТ$$

9. Результати досліджень записати в таблицю (табл.13)

Таблиця 13 – Визначення водного дефіциту та тургесцентності клітин рослин.

Варіант досліджу	Сира маса (до занурення), г	Початковий вміст води, г	Суша маса, г	Сира маса (після занурення), г	Кількість води в стані тургесцентності, г	Показники водозабезпечення, %		
						ВД	ВТ	ДВТ
Показник у формулі	<i>в</i>	<i>б</i> <i>в-г</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>а</i> <i>д-г</i>			
Алое	21,83		2,42	21,95				
Красула (денежне дерево)	5,8		1,22	5,98				
Герань	15,34		6,44	16,87				
Герань не полита	13,88		5,92	16,34				
Традесканція	6,23		2,87	6,79				
Гібіскус (китайська троянда)	12,87		5,54	13,89				

Контрольні питання:

1. Що називають водним дефіцитом?
2. Якими показниками характеризують водний дефіцит рослин?
3. Який вплив водного дефіциту на фотосинтез?
4. Поясніть наступні терміни: польова вологоємність, мертвий запас води в ґрунті, вологість в'янення.
5. Чи є різниця у водовіддачі різних рослин і в чому вона полягає?
6. Як відрізняються за водовіддачею листки рослин з різних місць зростання (затінені й освітлені), з різним шаром кутикули та жилкуванням?
7. Яке значення товщини кутикули листка в його водовіддачі?

**Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ВОДОУТРИМУЮЧОЇ СИЛИ МЕТОДОМ
ЗАВ'ЯДАННЯ (ЗА АРЛАНДОМ)**

Мета роботи. *Визначити водоутримну здатність рослин, вирощених за різних умов або належних до різних гігоморф та життєвих форм.*

Обладнання, об'єкти та реактиви: *досліджувані рослини (квасолі, пшениці та ін, які вирощували на піску без добрив (контрольні) і на піску з внесенням добрив (дослідні) або рослини природної форми різних життєвих форм та гігоморф; ваги, ножиці, штативи, парафін, підфарбований Суданом III, водяна баня, технічні ваги, штативи.*

Основні відомості:

Велику роль у регулюванні водного обміну рослин відіграють водоутримуючі сили, які зумовлюються насамперед умістом у клітинах осмотично активних речовин і здатністю колоїдів до набрякання. Водоутримуюча здатність клітин залежить від умов вирощування рослин, зокрема, умов живлення, та ін. За оптимальних умов водоутримуюча здатність рослин зростає.

Водоутримуюча здатність це спроможність рослин (клітин) утримувати воду за дії різноманітних сил (високої температури, низького парціального тиску води в атмосфері, оточуючому розчині тощо). Водоутримні сили зумовлені дією осмотично-активних сполук в клітині, проникністю клітинних мембран та станом внутрішньоклітинної води. Зменшення проникності плазмалеми, посилення набрякання мітохондрій, хлоропластів, збільшення кількості зв'язаної води (гідратної та іммобілізованої) в клітинах спричинюють збільшення їхньої водоутримної здатності, а зворотні зміни – зменшення.

Величину водоутримної здатності характеризують кількістю води, яка залишається в клітинах після дії відповідного фактора (низького тиску водяної пари, осмотичного потенціалу розчину). Визначення цього показника за А. Арландом базується на врахуванні втрат води рослинами при підсиханні їх. Тобто розроблений А. Арландом метод визначення водоутримуючої здатності ґрунтується на підрахунку втрати води рослинами, які починають в'янути.

Хід роботи:

1. Зрізати по 10 рослин кожного з двох варіантів і негайно занурити місцем зрізу в розплавлений парафін, щоб запобігти втратам води зрізом.
2. Зважити кожену рослину окремо і закріпити їх в штативах. Повторити зважування кожної рослини за 30, 60 та 90 хв. Зменшення маси рослин свідчить про втрату води у процесі випаровування за кожні 30 хв.
3. Дані записати в таблицю (табл.14).

Таблиця 14 - Визначення водоутримуючої здатності рослин

Назва рослини	Маса рослин, г				Кількість випаруваної води за кожні 30 хв, г			Випаровуюча маса, г			Втрата води за 30 хв, г			Випаруваної води,		
	за час, хв				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	вихідна	30	60	90												

4. Обчислити кількість випаруваної води у відсотках від початкової маси рослини за послідовні інтервали в 30 хв.

5. Одержані дані зобразити графічно і зробити висновки щодо водоутримуючої здатності рослин, вирощених за різних умов живлення.

Контрольні питання:

1. Що таке водоутримуюча здатність та від чого вона залежить?
2. Дати критичний аналіз цього методу.
3. Чим можна замінити парафін у досліді?
4. Як залежить водоутримуюча здатність тканин від кількості в них іонів азоту, калію і кальцію?
5. Чи впливає на водоутримуючу здатність вік листка, його положення на рослині?
6. Як впливають на водоутримуючу здатність листків умови навколишнього середовища?

Накресліть графік динаміки втрати води і зробіть висновок про водоутримуючу здатність рослин, які вирощували в різних умовах досліді.

Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ВОДИ ТА СУХОЇ РЕЧОВИНИ У РОСЛИНАХ. ПОНЯТТЯ ГІГРОМОРФИ

Мета: опрацювати методiku визначення вмісту води і сухої речовини в рослинах; провести порівняльний аналіз вмісту води і сухої речовини в різних тканинах і органах рослин.

Обладнання, об'єкти та реактиви: аналітичні терези з різноважками, металеві бюкси, сушильна шафа, ексикатори, тигельні щипці, психрометр, досліджувані рослини.

Основні відомості:

Дослідження водного режиму включають також роботи з визначення вмісту води і сухої речовини в рослинах, які вирощуються в умовах вегетаційних культур, на дослідних ділянках, в різних екологічних умовах тощо.

Цим методом можна виявити загальні закономірності водною обміну в рослинах протягом вегетації залежно від впливу факторів навколишнього середовища й мети дослідження. Поглинання води і транспірація взаємопов'язані і їх співвідношення визначає загальний вміст води в рослині, який можна визначити методом, описаним далі.

Хід роботи:

Чистий скляний або металевий бюкс разом з відкритою кришкою кладуть у сушильну шафу та витримують протягом 1 години при температурі 100-105°C. Висушений бюкс виймають тигельними щипцями із сушильної шафи і вміщують в ексикатор на 30 хв. Для контролю бюкс з ексикатора знову ставлять у сушильну камеру на 1 годину і знову зважують. Масу бюкса визначають на аналітичних терезах із точністю до 0,0001 г. Коли маса бюкса буде сталого, в неї вміщують пробу для аналізу.

Якщо досліджують повітряно-сирий матеріал, відбирають *середню пробу*. Із висушеного при 60°C, розтертого в ступці і просіяного крізь спеціальне сито рослинного матеріалу відбирають середню пробу і відважують із неї потрібну наважку на аналітичних терезах для аналізу.

При роботі із *сирим матеріалом* треба якнайшвидше брати наважку, щоб запобігти втраті воли на повітрі. Сирий матеріал повинен лежати в бюксі нещільно. Бюкс із наважкою ставлять у нагріту сушильну шафу на 4-6 годин і висушують при температурі 100-105°C. Бюкси в сушильній шафі ставлять якнайдалі від стінок, на ту полицю, на рівні якої знаходиться кінчик термометру.

Після висушування наважки бюкси швидко ставлять в ексикатори відкритими для охолодження. Через 20-30 хв. бюкси закривають і зважують, знову ставлять у сушильну шафу на 2 години. Висушену наважку знову охолоджують в ексикаторі і зважують. Операцію повторюють доти, поки різниця між двома останніми зважуваннями не дорівнюватиме 0.0002-0.0003 г. Результати аналізів записують у таблицю спостережень (табл.15).

Таблиця 15 – Визначення вмісту води та сухої речовини

Варіант досліджу	№ бюкса	Маса бюкса, г	Маса бюкса з наважкою до висушування, г	в Маса наважки, г	Маса бюкса з наважкою після висушування, г	б Маса абсолютно сухої речовини, г	Вміст, %	
							А Абсолютно сухої речовини	Води
Кора дуба	126	24,02	66,04		61,79			
Жолудь	253	28,92	61,8		54,37			
Мандарин (пульпа)	5	16,66	62,33		19,2			
Мандарин (флаведо)	53	15,76	32,04		19,63			
Мандарин (альбеда)	7	18,48	29,51		19,52			
Помідор	38	21,24	67,6		24,78			
Листок гібіскусу	24	17,76	45,35		25,19			
Стебло ялини	22	14,53	46,99		42,47			

Частка (відсоток) абсолютної сухої речовини обчислюють за такою формулою:

$$A = \frac{б}{в} \cdot 100\%$$

де А – процент абсолютно сухої речовини, б – маса наважки після висушування (г), в – маса наважки до висушування (г), 100 – коефіцієнт перерахунку в проценти.

Дослідивши процент сухої речовини в наважці, обчислюють процент води (100-А) і роблять висновок про вміст сухої речовини в досліджуваних рослинах.

У висновку зазначте в яких тканинах/органах рослин вміст води є максимальним/мінімальним.

Контрольні питання:

1. Гігоморфи рослин (див. лабораторну роботу 7, рис.5).
2. Назвіть по 10 представників різних гігоморф.
3. Анатоми-морфологічні та фізіологічні пристосування рослин до умов зволоження.
4. Ознаки ксероморфності.
5. Типи плодів за консистенцією перикарпію. Обумовленість вмісту води в плодах та типу їх поширення.

**Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТИ СУХОЇ РЕЧОВИНИ ПІД ЧАС
ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ**

Мета: узагальнити знання щодо ергастичних речовин, виявити значення ендосперму, перисперму та сім'ядоль для насіння як генеративного органу рослин.

Обладнання, об'єкти та реактиви: насіння однодольних та дводольних рослин, сушильна шафа, ваги, різноважки, ексікатор, бюкси, фільтрувальний папір (або марля, бинт),

Основні відомості:

Інтенсивність дисиміляції (синоніми- катаболізм, дихання) рослин визначають не тільки газометричним методом, обчислюючи кількість увібраного кисню або виділеного вуглекислого газу рослиною за певний час. А й враховуючи кількість окисленої органічної речовини.

У процесі дихання рослини використовують різні органічні речовини – вуглеводи, жири, білки, органічні кислоти.

Якщо рослину помістити в умови, при яких органічні речовини не утворюються, то можна обчислити загальну кількість втрачених нею органічних речовин у процесі дисиміляції за певний проміжок часу. Одним з кращих об'єктів для проведення цієї роботи є проросле насіння. Пророщують рослини в темряві на вологій тирсі. Через певний час проростки висушують, зважують і визначають втрату сухої речовини на дихання проростків.

Хід роботи:

Відвантажують дві порції по 20 насінин квасолі або гороху. Першу порцію насіння висипають у банку з невеликою кількістю води і витримують 2 години, щоб воно набубнявіло. Другу порцію насіння висипають у бюкс і висушують у сушильній шафі при температурі 100-105⁰С до сталої маси, охолоджують в ексікаторі, зважують (для встановлення абсолютно сухої маси; розрахунку вмісту води в наважці).

Набубнявіле насіння розкладають у кристалізаторі на зволожену тирсу і зверху прикривають новим вологим шаром тирси, злегка ущільнюють. Після цього посудину з насінням ставлять у темряву і щодня тирсу зволожують. Через 6-7 днів проростки обережно виймають із тирси, старанно промивають, висушують на фільтрувальному папері (серветках) і визначають сиру масу проростків. Далі проростки вміщують у пакети з фільтрувального паперу, висушують у сушильній шафі при температурі 100-105⁰С до сталої маси і визначають абсолютно суху масу. Результати обчислень обґрунтувати (табл.16).

Таблиця 16 – Втрати сухої речовини під час проростання насіння

Об'єкт	Маса 20 насінин, г		Вміст води в насінні, %	Маса 20 проростків, г		Вміст води в пророст, %	Втрати сухої речовини	
	сирі	сухі		сирі	сухі		За масою, г	Відносна втрата, %

Примітка: об'єктом дослідження можуть слугувати насіння як однодольних рослин, так й дводольних; насіння городніх культур та рудерантів.

Контрольні питання:

1. Дайте визначення таким термінам: насіння, ендосперм, перисперм, зародок, сім'ядоля, ергастичні речовини.
2. Ергастичні рослини рослин та їх метаболізм.
3. Асиміляційні та дисиміляційні процеси та їх взаємозв'язок.

Тема: ПРИГОТУВАННЯ ВИТЯЖКИ РОСЛИННИХ ПІГМЕНТІВ ТА ЇХ РОЗПОДІЛ ЗА Г.КРАУСОМ

Мета: опрацювати методiku екстракції рослинних пігментів та провести розподіл пігментів за Г.Краусом, що враховує різну розчинність у полярних та неполярних розчинниках.

Обладнання, об'єкти та реактиви: листки аспідистри (*Aspidistra*), китайського гібіскуса (*Hibiscus rosa-sinensis*), сингоніуму (*Syngonium*), пеларгонії (*Pelargonium*), інших кімнатних рослин з темно-зеленими листками, або проростки пшениці (*Triticum*), кукурудзи (*Zea mays*), коренеплід моркви (*Daucus carota*). Етиловий спирт, бензин, дистильована вода, фарфорові ступки з товкачками, набір пробірок в штативі, скляні воронки, фільтрувальний папір (для фільтрації витяжки), ножиці, скляні палички, сухий карбонат кальцію CaCO_3 , пісок.

Основні відомості:

Метод заснований на різній розчинності окремих рослинних пігментів у спирті та бензині. Ці розчинники не змішуються і складають дві фази - верхню бензинову, нижню - спиртову, завдяки чому і проходить розподіл хлорофілів і ксантофілів.

Пігменти зелених листків, як ліпофільні сполуки, найкраще розчиняються у полярних розчинниках (спирт, ацетон), або суміші полярних і неполярних (бензин, петролейний ефір) розчинників.

Пігментна система хлоропластів складається з зелених (хлорофіли) та жовтих (каротини і ксантофіли) пігментів. За хімічною природою хлорофіли „а” і „в” – складні ефіри дикарбонової кислоти хлорофіліну і двох спиртів – метилового і фітолу

Каротини являють собою ненасичені вуглеводні ($\text{C}_{40}\text{H}_{56}$), ксантофіли – це киснепохідні каротинів ($\text{C}_{40}\text{H}_{56}\text{O}_2$, $\text{C}_{40}\text{H}_{56}\text{O}_4$ та ін.).

Хід роботи:

2-3 листки кімнатних рослин (без черешка і середньої жилки) розрізають ножицями на невеликі шматочки, кладуть у фарфорову ступку, додають трохи CaCO_3 (для нейтралізації кислот клітинного соку), близько 0,5 мл етилового спирту і розтирають до отримання однорідної кашеподібної маси. Для кращого подрібнення можна додавати кристалічний пісок.

Додають в ступку 5-10 мл етилового спирту, перемішують скляною паличкою. Після цього змащують носик фарфорової ступки вазеліном і обережно, по скляній паличці, масу переносять на лійку з фільтром. Залишок у ступці змивають невеликою порцією спирту і також переносять на фільтр.

Коренеплід моркви натирають на терці, вміщують шпателем в пробірку, заливають бензином, дають постояти не менше 10 хвилин (періодично вміст пробірки перемішують скляною паличкою). Після цього рідину зливають в іншу суху пробірку.

Розглядають отримані витяжки у проникаючому світлі, відзначаючи їх колір. Замальовують пробірки з витяжками.

Для відділення ксантофілів від хлорофілів у пробірку наливають 2-3 мл спиртової витяжки і додають 3-4 мл бензину та 2-3 краплі води. Закривають пробірку корком, збовтують 1-2 хвилини та дають відстоятися.

По мірі розшарування емульсії бензиновий шар (верхній) буде фарбуватися у зелений колір (завдяки кращій розчинності ньому хлорофілу), спиртовий (нижній) шар набуває золотисто-жовтого забарвлення завдяки присутності ксантофілу.

У бензиновому шарі знаходяться хлорофіли (переважають) та каротини (замасковані). Ксантофіл залишається у спиртовому шарі і зафарбовує його у золотисто-жовтий колір.

Замалювати пробірку на початку та по закінченні досліду. Зробити висновки.

Контрольні питання:

1. Поясніть суть та значення фотосинтезу.
2. Написати загальне рівняння фотосинтезу.
3. Розповісти про структурну будову молекул хлорофілу
4. Як можна виділити пігменти з зеленого листа?
5. Які пігменти містяться в спиртовій витяжці хлорофілу?
6. На якому принципі ґрунтується розподіл пігментів за Г. Краусом?
7. Як омилується хлорофіл? Чим відрізняються продукти омилення хлорофілу від звичайного хлорофілу?
8. Чим зумовлене забарвлення хлорофілу?

Тема: ДОБУВАННЯ ФЕОФІТИНУ ТА ЗВОРОТНЄ ВІДНОВЛЕННЯ МЕТАЛООРГАНІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ

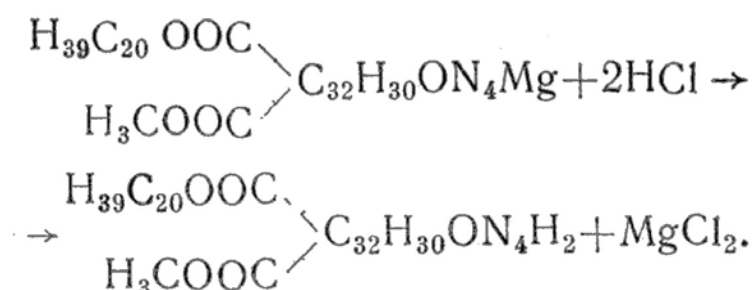
Мета роботи: опрацювати методику добування феофітину з витяжки хлорофілу; виявити вплив стресових факторів (висока температура, проморожування тканин) на феофітинізацію зелених пігментів.

Обладнання, об'єкти та реактиви: листки (свіжі та проморожені) аспідистри (*Aspidistra*), китайського гібіскусу (*Hibiscus rosa-sinensis*), сингоніуму (*Synгоніум*), пеларгонії (*Pelargonium*), інших кімнатних рослин з темно-зеленими листками, або проростки пшениці (*Triticum*), кукурудзи (*Zea mays*), спиртовий екстракт пігментів; 20 %-ий розчин соляної кислоти в крапельниці, ацетат цинку, ацетат міді; електроплитка, спиртівка, водяна баня, штатив із пробірками, порцелянові ступки, ножиці.

Основні відомості:

Молекула хлорофілу досить велика за розмірами, але основну роль під час фотосинтезу відіграє магній, оскільки саме його електрони під дією квантів світла переходять на вищі енергетичні рівні, запускаючи весь процес фотосинтезу.

Хлорофіл характеризується лабільністю і легко взаємодіє з іншими речовинами. За хімічною природою хлорофіл – складний етер дикарбонової кислоти хлорофіліна і двох спиртів – метанолу CH_3OH і фітолу $\text{C}_{20}\text{H}_{39}\text{OH}$.



Хлорофілін, у свою чергу, складається з порфіринового ядра, яке має чотири пірольних кільця, сполучених між собою метиновими ($=\text{CH}-$) містками. У центрі порфіринового ядра розташований атом магнію, з'єднаний з атомами азоту пірольних кілець. Атом магнію порівняно слабо утримується в порфіриновому ядрі та за обережного впливу сильних кислот легко заміщується двома протонами, що спричинює утворення феофітину бурого кольору. У природних умовах побуріння зелених рослин раніше терміну свідчить про утворення в клітинах феофітину під впливом тих або інших стресових умов (висока температура, проморожування тканин). Разом з тим, ця сполука утворюється і в процесі фотосинтезу.

Якщо на феофітин подіяти солями міді, цинку або ртуті, то атом відповідного металу витіснить протони з порфіри нового ядра і зелене забарвлення знову відновлюється. Однак воно дещо відрізняється від забарвлення хлорофілу:

2. Чим нативний хлорофіл відрізняється від зеленого продукту, який утворився після дії на феофітин оцтовокислих металів? Напишіть формули продуктів цих реакцій.
3. Чому після суворої зими озимина виходить із-під снігу бурою?
4. Які структурні зміни відбуваються в молекулі хлорофілу у разі її феофітинізації?
5. Що таке феофітин і як відновити забарвлення витяжки після дії на неї HCl.

**Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ФОТОСИНТЕЗУ ЗА
КІЛЬКІСТЮ НАКОПИЧЕНОЇ СУХОЇ РЕЧОВИНИ (МЕТОД
ЛИСТКОВИХ ПОЛОВИНОК)**

Мета: вивчити продуктивність фотосинтезу різних видів деревних рослин; встановити зв'язок між інтенсивністю синтезу органічних речовин з світловим режимом. За зміною маси фотосинтезуючої частини листкової пластинки визначають збільшення у ній сухої речовини за одиницю часу.

Обладнання, об'єкти та реактиви: листки дослідних рослин (кімнатних або дикорослих, у тому числі рослин різних життєвих форм та гігоморф), технічні ваги з різновагами, ножиці, сушильна шафа, бюкси, марля, бритви.

Основні відомості:

Є багато різноманітних методів визначення інтенсивності фотосинтезу: газометричний, евдіометричний, манометричний методи та метод листкових половинок Ю. Сакса. Газометричний метод ґрунтується на підрахунку кількості поглинутого вуглекислого газу або виділеного кисню. Евдіометричний метод полягає у визначенні інтенсивності фотосинтезу за допомогою асиміляційної колби, розроблений Л.О. Івановим і Н.Л. Косовичем. Манометричний метод використовується для визначення інтенсивності фотосинтезу в природних умовах за допомогою польового приладу (ПСФ) за Х.М. Починком.

В умовах навчально-польової практики доступним методом визначення продуктивності фотосинтезу є *метод листкових половинок Ю. Сакса*. Суть цього методу полягає в тому, що за зміною маси фотосинтезуючої частини листкової пластинки визначають збільшення у ній сухої речовини за одиницю часу.

Визначається чиста продуктивність фотосинтезу, тобто накопичення сухої речовини за годину або добу на одиницю площі листків. Але для визначення чистої продуктивності необхідно паралельно визначати втрату сухої речовини на дихання і відтік асиміляторів.

Суть методу полягає у визначенні маси синтезованої органічної речовини рослиною за одиницю часу одиницею площі асимілюючої поверхні. Для цього на пагоні підбирають 8-10 дослідних листків, які на початку досліду розрізають вздовж центральної жилки пополам.

Одну половинку листка (контрольну) відділяють від пагону, а іншу з центральною жилкою залишають на пагоні (дослідна). Для запобігання відтоку асимілятів пагони кільцюють. Через певний час дослідні половинки відділяють від пагону і відрізають центральну жилку. Після завершення досліду визначають площі дослідних і контрольних половинок, висушують і визначають абсолютно суху масу. На основі отриманих даних розраховують продуктивність фотосинтезу.

Хід роботи:

Для досліду вибирають рослини з великими листками симетричної будови, для аналізу беруть два непошкоджених супротивних листки. Одну половину зрізають, а другу, з центральною жилкою, залишають на рослині. Відрізану половинку кладуть у кристалізатор з водою на 30 хв. до повного насичення листка (з метою нівелювання водного дефіциту). Потім з цієї пластинки свердлом вирізають кілька висічок (8-10-12), залежно від діаметра свердла.

Висічки поміщають у заздалегідь зважені і пронумеровані металічні бюкси. Бюкси ставлять на 2 год в термостат для висушування висічок при температурі 70оС. Через 2 години бюкси охолоджують, зважують разом з висічками і знову ставлять у термостат на 30 хв. Так бюкси висушують до сталої ваги.

Розділивши масу висічок на їх площу одержуємо кількість сухої речовини на одиницю площі листка.

Через 4-6 годин відрізаємо другу половинку і здійснюємо ті самі операції, що й з першою. Збільшення маси в тих половинках листків, які залишались на світлі, свідчить про продуктивність фотосинтезу. Але цей підрахунок не враховує витрату сухої речовини, яка за час досліду була використана на дихання і відтік. А тому у супротивного листка вирізуємо половинку пластинки, а на другу надіваємо ковпачок з чорного паперу. З першою і другою половинками цього листка проводять ті самі досліди, що й з попередніми. При цьому визначаєм уже не приріст сухої речовини, а втрату її на одиницю площі за одиницю часу (1 годину). Цю величину додають до одержаної попередньо, а точніше кількість втрати сухої речовини і відтоку додаєм до кількості приросту і одержуємо точніші дані щодо продуктивності фотосинтезу.

Порядок виконання дослідження

1. Підбираємо по 8-10 листків на пагонах декількох видів деревних порід.
2. Розрізаємо відібрані листки вздовж центральної жилки і відділяємо контрольні половинки від пагону та загортаємо їх у вологу марлю.
3. Кільцюємо пагони для запобігання відтоку асимілятів.
4. Через 2-3 год відділяємо від пагонів дослідні половинки листків і загортаємо їх вологу марлю.
5. Визначаємо площу контрольних і дослідних половинок (рис.7, 8).
6. Подрібнюємо половинки листків, поміщаємо їх в бюкси, висушуємо до абсолютно сухої маси і знаходимо вагу.
7. Результати дослідження заносимо в табл. 17.
8. Продуктивність фотосинтезу розраховуємо за формулою:

$$P_f = (A_d - A_k) / t$$

де: A_d – кількість сухої речовини на 1 см² дослідних половинок, г;

A_k – кількість сухої речовини на 1 см² контрольних половинок, г.

t – тривалість досліду, год.

Таблиця 17 - Продуктивність фотосинтезу різних видів деревних рослин

Порода	Варіант дослідів	Тривалість дослідів, год	Площа листків, см ²	Суша маса листків, г	Кількість сухої речовини на 1 см ² площі, г	Продуктивність фотосинтезу, г/см ² год
	На початку дослідів					
	По закінченню дослідів					

Зробіть висновки



Рис.7 Обчислення площі листової пластинки.

А – листок з висічками, Б – пробійник.

ПРИМІТКА: Обчислення площі листової пластинки

Метод висічок.

У попередньо зважених листків (у стані повного насичення водою) спеціальним пробійником роблять певну кількість висічок. Знаючи площу кожної висічки (через діаметр пробійника) та їх кількість, із кожної проби можна визначити масу 1 см² листка. А поділивши загальну масу проби на одержану питому, визначають площу листової поверхні кожної проби.

Метод заміру параметрів листя.

Цей метод найбільш поширений для визначення площі листка злаків і полягає в замірі довжини листка та найбільшої ширини. Добуток цих величин множать на поправочний коефіцієнт і отримують площу листової пластинки. Поправочні коефіцієнти складають: для пшениці – 0,67, для ячменю – 0,68, для кукурудзи – 0,85, для проса – 0,72.

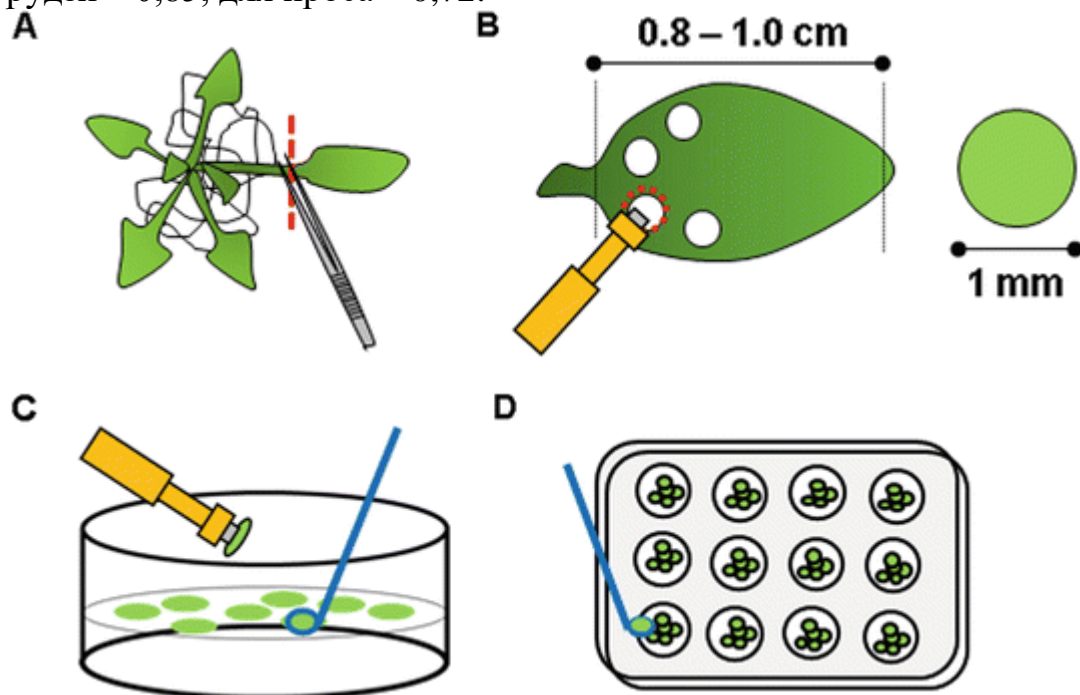


Рис.8. Обчислення площ листової пластинки
Контрольні питання:

1. Фотосинтез: визначення, біологічне значення, фази.
2. Загальне рівняння фотосинтезу.
3. Умови перебігу світлової та темної фази фотосинтезу.
4. Анатомія листка як органу фотосинтезу.

**Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСТОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ
ФОТОСИНТЕЗУ**

Мета роботи: визначити та розрахувати чисту продуктивність фотосинтезу насаджень сільськогосподарських культур.

Обладнання, об'єкти та реактиви: рослинні культури пшениці (*Triticum*), ячменю (*Hordeum*), вівса (*Avena*), кукурудзи (*Zea*). Технічні й аналітичні ваги, термостат, бюкси або металеві стаканчики, ножиці, папір.

Основні відомості:

На частку органічних сполук, створюваних у ході фотосинтезу, приходиться близько 85% загальної біомаси рослинного організму. Тому зміна сухої маси може досить об'єктивно відбиватися на асиміляційній діяльності рослин. Саме цей показник є в основі методу визначення «нетто-асиміляції», або чистої продуктивності фотосинтезу.

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) являє собою приріст сухої маси рослин у грамах за певний час (доба), віднесений до одиниці листової поверхні (м²). Її розраховують періодичним добором проб рослин, у яких визначають загальну масу, масу окремих органів і площу листів. Далі «нетто-асиміляцію» [г/(м²·доба)] розраховують за формулою:

$$\text{ЧПФ} = \frac{m_2 - m_1}{0,5 \cdot (S_1 + S_2) \cdot t}$$

де m_1 , і m_2 - суха маса рослин на початку й наприкінці облікового періоду;

$(m_2 - m_1)$ – приріст сухої маси за n днів;

S_1 і S_2 – площі листів на початку й наприкінці періоду, м²;

$0,5 \cdot (S_1 + S_2)$ – середня робоча площа листів за час досліджу;

t – період між двома спостереженнями, днів.

При використанні формули допускають, що листова поверхня за час спостереження наростає рівномірно. У дійсності в більшості випадків площа листів збільшується нерівномірно. У зв'язку із цим запропонована інша формула для визначення чистої продуктивності фотосинтезу:

$$\text{ЧПФ} = \frac{(m_2 - m_1) \cdot (\ln S_2 - \ln S_1)}{(S_2 - S_1) \cdot t}$$

Рівняння найбільше задовільно виражає залежність «нето-асиміляції» від приросту сухої речовини й динаміки наростання листової поверхні, однак простіше користуватися першою формулою. Варто мати на увазі, що чим більше розрив у часі між пробами, тим менш точні результати визначення. Оптимальний час між пробами становить 7-10 днів, у періоди інтенсивного

росту рослин воно може бути скорочене до 5 днів. Інше джерело похибок методу пов'язане із труднощами добору проб рослин, обумовленої великим розмаїттям культур, ценозів і умов зростання.

Неможливо точно врахувати й зміни маси підземних частин, які в деяких рослин служать основним місцем нагромадження пластичних речовин. Крім того, частина фотосинтетично засвоєного Карбону витрачається на подих і екзоосмос. Нарешті, у період фізіологічної зрілості рослин спостерігається стабілізація маси сухої речовини, а з віком відзначається навіть зниження кількості біомаси в результаті відмирання частини листового апарата й інших органів рослини. Однак швидкість фотосинтезу у функціонуючих листів може не мінятися або змінюватися дуже слабо.

У цьому випадку показник «нетто-асиміляції» вже не буде відображати реальний стан фотосинтетичної активності рослин. Перераховані обставини необхідно враховувати при використанні розглянутого методу. Метод визначення «нетто-асиміляції» ефективний при дослідженні фотосинтезу в природних умовах. Він дозволяє одержувати коштовний матеріал для вишукування найбільш раціональних шляхів підвищення продуктивності культурних і природних ценозів, прогнозування й програмування врожаїв, доцільного географічного розміщення сільськогосподарських рослин.

Показники чистої продуктивності фотосинтезу в природних умовах звичайно коливаються від 0,1 до 20 г і більше сухої речовини на 1 м² площі листів у добу: у злаків у фазі інтенсивного зростання – 40 - 50, в основних сільськогосподарських культур при сприятливих умовах – 4 - 10 г/(м²·доба).

Хід роботи:

Розрахуйте чисту продуктивність фотосинтезу.

Контрольні питання:

1. Обґрунтуйте залежність інтенсивності фотосинтезу від зовнішніх факторів.
2. Поясніть поняття «нето-асиміляція».
3. Обґрунтуйте залежність продуктивності фотосинтезу рослинного організму від морфометричних показників та особливостей анатомічної будови.

Тема: ВИДІЛЕННЯ КИСНЮ ЗЕЛЕНОЮ РОСЛИНОЮ НА СВІТЛІ

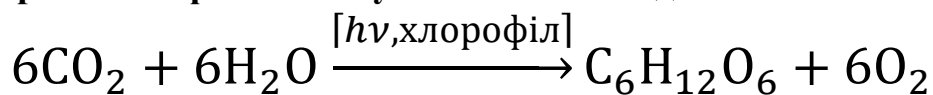
Мета: опрацювати методики демонстрації виділення кисню зеленими рослинами в результаті фотосинтезу, виявити та показати залежність його виділення від спектрального складу світла.

Обладнання, об'єкти та реактиви: гілочки елодеї (*Elodea*) або інших рослин; 0,01 %-й розчин індигокарміну, 10 %-й розчин дитіоніту натрію, слабкий розчин пірогалолу, концентрований розчин гідроксиду калію; склянки, лійки, пробірки, сірники, лампа (200÷300 Вт), круглодонні колби місткістю 300÷500 мл.

Основні відомості:

Під час асиміляції вуглекислого газу зеленими рослинами в процесі фотосинтезу виділяється кисень, який можна виявити простими методами.

Фотосинтез є складним процесом, що включає світлову та темнову фази, загальне рівняння фотосинтезу має такий вигляд:



Хід роботи:

Завдання 1.

1. Велику колбу заповнити 0,01% синім розчином індигокарміну, до якого, безперервно перемішуючи, доливати 10 %-й розчин дитіоніту натрію до появи жовтого забарвлення.

2. В розчин занурити гілочку елодеї, колбу герметично закрити (щоб усунути попадання в неї повітря) виставити під лампу.

Примітка. Спостерігають, як внаслідок виділеного під час фотосинтезу кисню за кілька хвилин навколо зелених частин рослини з'являється блакитна зона.

Завдання 2.

1. Підрізані під водою гілочки елодеї однакового розміру або іншої водяної рослини розмістити на дні трьох склянок, пофарбованих ззовні нітролаками – червоним, зеленим і синім.

Примітка. Можна також обгорнути склянки відповідно забарвленими целофановими плівками. Склянки заповнюють водою, збагаченою вуглекислим газом.

2. Накрити рослини скляними лійками (рис. 9).

Примітка. Стежать, щоб зрізані кінчики їх були спрямовані до вузької частини лійок.

3. Заповнені водою пробірки закрити великим пальцем руки так, щоб туди не потрапили пухирці повітря, потім повернути їх отвором униз і обережно одягнути на трубки лійок, які розміщені нижче рівня води в склянках.

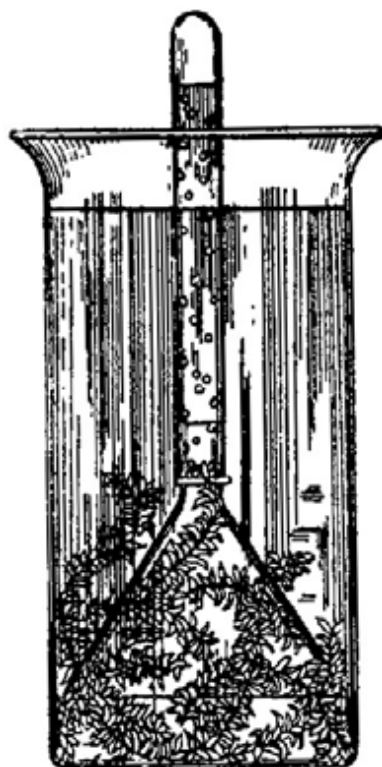


Рис. 9 Виділення кисню гілочками елодеї при фотосинтезі

4. Склянки експонувати на світлі. Відмітити швидкість заповнення пробірок газом залежно від спектрального складу світла.

5. Заповнену газом пробірку обережно зняти з трубки лійки, попередньо закривши отвір пальцем.

6. У пробірку внести тліючу скалку, яка спалахує за наявності в ній кисню.

Завдання 3.

1. У дві колби налити 1 %-й розчин бікарбонату калію, виготовленого на прокип'яченій воді (без CO_2).

2. Помістити в колби однакові за розміром гілочки елодеї.

3. Одну колбу (контрольну) обгорнути темним папером, а іншу (дослідну) – виставити на яскраве світло.

4. За 1 год. у колби внести по 1 мл розчину КОН і пірогалолу.

Примітка. Внаслідок окиснення пірогалолу виділеним під час фотосинтезу киснем розчин набуває коричневого забарвлення. У контрольній колбі розчин залишається безбарвним.

Контрольні питання:

1. Наведіть загальне рівняння фотосинтезу (підпишіть назви речовин та умови перебігу).
2. Порівняйте водне та наземно-повітряне середовище життя рослин.
3. Поясніть, яким чином перевірити, що газ, що виділяється, є саме киснем.
4. Залежність фотосинтезу від зовнішніх факторів (наведіть приклади).

Література

Основна:

1. Власенко М.Ю., Вельямінова-Зернова Л.Д., Мацкевич В.В. Фізіологія рослин з основами біотехнології: *Підручник*. Біла Церква: БДАУ, 2006. 504 с.
2. Векірчик К.М. Практикум по фізіології рослин. Київ: Вища школа, 1984. 240 с.
3. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин: *Підручник*. 2-е вид., вип. та доп. Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 392 с.
4. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин: *Підручник*. К.: Либідь, 2005. 808 с.
5. Макрушин М.М., Макрушина Є. М., Петерсон Н.В., Мельников М.М. Фізіологія рослин. Вінниця: Нова Книга, 2006. 416 с.
6. Злобін Ю.А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми: Університетська книга, 2004. 463 с.
7. Скляр В.Г. Екологічна фізіологія рослин: *Підручник*. За ред. Ю.Л. Злобіна. Суми: Університетська книга, 2015. 271 с.
8. Тарнопільська О.М. Фізіологія рослин: *Конспект лекцій*. Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова. (ХНУМГ ім. О. М. Бекетова), 2018. 159 с.
9. Бондарева Л.М., Тихонова О.М. Фізіологія рослин: Методичне видання. Робочий зошит для виконання лабораторних занять для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальностями: «агрономія», «захист рослин», «садово-паркове господарство». Суми, 2013 69 с.
10. Викторов Д.П. Малый практикум по физиологии растений: *Учеб. пособие для биол. спец. Вузов*. Москва: Высшая школа, 1983. 135 с.
11. Войтович О.М., Левчук Г.М., Лях В.О. Фізіологія та біохімія рослин: *Методичні рекомендації до лабораторних робіт*. Запоріжжя: ЗНУ, 2016. 57 с.
12. Мацкевич В.В., Олешко О.Г., Роговський С.В. Методичні вказівки для забезпечення самостійного вивчення теоретичної частини курсу Фізіологія рослин. Біла Церква: БНАУ, 2008. 116 с.
13. Приседський Ю.Г. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із спецкурсу Фізіологія стійкості рослин. Донецьк: Норд-Комп'ютер, 2005. 35 с.

Додаткова:

14. Авдеев В.И. Изменчивость и биосистематика растений. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2016. 316 с.
15. Авксентьева О.А., Жмурко В.В. Физиология цветения: *Учебное пособие*. Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2011. 132 с.
16. Алехина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. Физиология растений. Москва: Академия, 2005. 640 с
17. Бернье Ж., Кине Ж.-М., Сакс Р.М. Физиология цветения: Т.І. Факторы цветения. Том 2. Москва: Агропромиздат, 1985. 192 с.

18. Борисова Г.Г., Малева М.Г., Чукина Н.В. Растение и стресс: *Курс лекций*. Екатеринбург: Урал. гос. ун-т им. А. М. Горького, 2008. 267 с.
19. Васильева Е.М. Эксперимент по физиологии растений в средней школе (пособие для учителей). Москва: Просвещение, 1978. 114 с.
20. Высоцкая Л.Б., Веселов Д.С., Фархутдинов Р.Г., Веселов С.Ю. Гормональная регуляция водного обмена и роста растений на разных фонах минерального питания и при дефиците воды. Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. 244 с.
21. Гельцер Ф.Ю. Симбиоз с микроорганизмами основа жизни растений. Москва: Изд-во МСХА, 1990. 134 с.
22. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. Москва: Наука, 1982. 280 с.
23. Генкель П.А., Окнина Е.З. Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых растений. Москва: Наука, 1964. 242 с.
24. Головкин Т.К. Дыхание растений. Физиологические аспекты. Санкт-Петербург: Наука, 1999. 204 с.
25. Гордеев А.М., Шешнев В.Б. Электричество в жизни растений. Москва: Наука, 1991. 160 с.
26. Гриценко Л.А., Панфилова О.Ф. Стресс физиология растений. *Учебное пособие*. Москва: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. 56 с.
27. Гусев Н.А. Состояние воды в растении. Москва: Наука, 1974. 134 с.
28. Дроздов С.Н., Сычева З.Ф., Будыкина Н.П., Курец В.К. Эколого-физиологические аспекты устойчивости растений к заморозкам. Ленинград: Наука, 1977. 228 с.
29. Журавлева Н.А. Механизм устьичных движений, продуктивный процесс и эволюция. Новосибирск: Наука, 1992. 141 с.
30. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. Москва: Наука, 1968. 266 с.
31. Зёдинг Г. Ростовые вещества растений. Москва: Издательство, 1955. 389 с.
32. Лукина Л.Ф., Смирнова Н.Н. Физиология высших водных растений. Киев: Наукова думка, 1988. 188 с.
33. Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений: Учебник. Москва: Логос, 2001. 224 с.
34. Чорний І. Спокій у рослин. Київ: Урожай, 1980. 70 с.
35. Юрин В.М. и др. Минеральное питание, физиология стресса и адаптации растений: *Учебно-методическое пособие*. Минск: БГУ, 2014. 103 с.
36. Юрин В.М. Физиология растений: *Учебное пособие*. Минск: БГУ, 2010. 455 с.
37. Яковец О.Г. Фитофизиология стресса: *Курс лекций*. Минск: БГУ, 2010. 103 с.
38. Якушкина Н.И. Физиология растений: *Учебное пособие*. Москва: Владос, 2004. 464 с.
39. Яковец О.Г. Фитофизиология стресса: Методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов. Минск.: БГУ, 2011. 50 с.

40. Campbell A.M., Paradise C.J. Plant Physiology. New York: Momentum Press, LLC, 2016. 57 p.
41. Fitter A.H., Hay R.K.M. Environmental Physiology of Plants. Third Edition. Academic Press, 2002. 367 p.
42. Fitzpatrick B. Plant Cells. Chelsea House, 2012. 119 p.
43. Kochhar S., Gujral S. Plant Physiology: Theory and Applications. 2nd Edition. Cambridge University Press, 2020. 880 p.
44. Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S., Janardhan Reddy K. Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants. Springer, 2006. 345 p.
45. Mahalingam R. (Ed.) Combined Stresses in Plants: Physiological, Molecular, and Biochemical Aspects. Springer, 2015. 281 p.
46. Montanaro G., Dichio B. (eds.) Advances in Selected Plant Physiology Aspects. InTech, April 25, 2012. 388 p.
47. Nobel P.S. Physicochemical and Environmental Plant Physiology. 4th Edition. Elsevier, 2009. 604 p.
48. Pallardy S.G. Physiology of Woody Plants. Third Edition. Elsevier, 2008. 454 p.
49. Pareek A., Sopory S.K., Bohnert H., Govindjee (eds.) Abiotic Stress Adaptation in Plants: Physiological, Molecular and Genomic Foundation. Springer, 2010. 546 p.
50. Rahman I., Hasegawa H. (Edited) Water Stress. NTeOp, 2011. 310 p.
51. Rigobelo E.C. (ed.) Plant Growth. InTech, 2016. 230 p.
52. Salisbury F.B. (Ed.) Units, Symbols, and Terminology for Plant Physiology. A Reference for Presentation of Research Results in the Plant Sciences. New York: Oxford University Press, 1996. 234 pp
53. Schwartz M. (ed.) Phenology: An Integrative Environmental Science. Second Edition. Springer, 2013. 610 p.
54. Shabala S. (Ed.) Plant Stress Physiology. CAB International, 2012. 318 p.
55. Sperotto R.A., Ricachenevsky F.K., Williams L.E. (eds.) From Soil to Seed: Micronutrient Movement Into and Within the Plant. Frontiers in Plant Science, 2014. 194 p.
56. Taiz L., Zeiger E. Plant Physiology. 3rd Edition. Sinauer Associates, 2002. 690 p.
57. Tripathi B.N., Müller M. (Eds.) Stress Responses in Plants: Mechanisms of Toxicity and Tolerance. Springer, 2015. 293 p.
58. Tripathi D. et al. (Eds.) Plant Life under Changing Environment: Responses and Management. Academic Press, 2020. 994 p.

Интернет-ресурсы

1. Photosynthesis. URL: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Biology/phoc.html>
2. Plant physiology. URL: <https://academic.oup.com/plphys>
3. Екологічна фізіологія рослин. URL: https://pidru4niki.com/86580/ekologiya/ekologichna_fiziologiya_roslin
4. Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. URL: <http://www.bonsai.ru/dendro/phcontent.html>
5. Физиология растений. Конспект лекций. URL: <http://bio.sfu->

- kras.ru/files/1839_Konspekt_lekcii_Fiziologiya_rastanii.pdf
6. Кафедра физиологии растений. Биологический Факультет МГУ имени М. В. Ломоносова. URL: https://www.youtube.com/watch?v=q9oIYK-nt3M&ab_channel=БиологическийФакультетМГУимениМ.В.Ломоносова
 7. Фізіологія солестійкості. URL: https://www.youtube.com/watch?v=qUnE-3dD_FU&ab_channel=НМЦвищоїтафаховоїпередвищоїосвіти
 8. Физиология растений. Изучение осмотических явлений (А. Доброчаев). URL: <https://www.youtube.com/watch?v=C6SssZovtcY>
 9. Морфогенез рослин. URL: https://www.youtube.com/watch?v=RI_SoHc7IOI&ab_channel=НМЦвищоїтафаховоїпередвищоїосвіти
 10. Ознаки нестачі елементів живлення рослин. URL: https://www.youtube.com/watch?v=_ScIpW6IDOQ&ab_channel=НМЦвищоїтафаховоїпередвищоїосвіти