

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра рослинництва та садово-паркового господарства

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

Модуль 1–2

Методичні рекомендації

до виконання практичних робіт для здобувачів вищої
освіти освітнього ступеня «Бакалавр»
спеціальність 201 «Агрономія»
денної форми навчання

МИКОЛАЇВ
2021

УДК 581.1

Ф 48

Друкується за рішення науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від « 13 » травня, протокол № 9

Укладачі:

М.І. Федорчук – д-р с-г. наук, професор кафедри рослинництва та садово-паркового господарства, Миколаївський національний аграрний університет;

О.Ф. Рожок – старший викладач кафедри рослинництва та садово-паркового господарства, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

О.М. Дробітько – канд. с-г. наук, голова ФГ «Олена» Братського району Миколаївської області;

В.В. Гамаюнова – д-р с-г. наук, професор, завідувач кафедри землеробства, геодезії та землеустрою, Миколаївський національний аграрний університет.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Модуль I. Фізіологія рослинної клітини. Структура, функції біомолекул.....	5
Практична робота №1 Вплив окремих солей на форму і час плазмолізу.....	6
Практична робота №2 Спостереження ознак пошкодження клітини.....	8
Практична робота №3 Діагностика пошкодження рослинної тканини за збільшенням проникності мембран.....	10
Практична робота №4 Визначення життєздатності насіння за забарвленням цитоплазми.....	12
Практична робота №5 Спостереження швидкості руху цитоплазми в клітинах.....	13
Практична робота №6 Плазмоліз і деплазмоліз у рослинних клітинах.....	15
Контрольні питання до модуля I Фізіологія рослинної клітини. Структура, функції біомолекул.....	17
Приклади тестових завдань до модуля I Фізіологія рослинної клітини. Структура, функції біомолекул.....	17
Модуль II. Водний обмін рослин.....	26
Практична робота №7 Визначення вмісту води та сухих речовин у рослинах.....	27
Практична робота №8 Визначення осмотичного тиску клітини методом плазмолізу.....	28
Практична робота №9 Визначення інтенсивності транспірації ваговим методом.....	31
Практична робота №10 Визначення інтенсивності транспірації у рослин різних екологічних груп.....	35
Практична робота №11 Визначення водозатримної здатності рослин методом «в'янення».....	37
Практична робота №12 Спостереження за рухом продохів.....	39
Контрольні питання до модуля II Водний обмін рослин.....	41
Приклади тестових завдань до модуля II Водний обмін рослин.....	41
Перелік навчально-методичної літератури.....	48

ВСТУП

Фізіологія рослин вивчає основні життєві функції рослинного організму на різних рівнях їх організації і тому дуже тісно пов'язана з практикою сільськогосподарського виробництва. Вивчаючи закономірності функцій, процеси росту й розвитку рослинних організмів, вона дає теоретичну основу для розробки раціональної технології вирощування урожаїв сільськогосподарських культур і поліпшення якості їхньої продукції.

Щоб максимально використати потенціальну продуктивність сільськогосподарських рослин і одержувати від них високоякісну продукцію, необхідно глибоко досліджувати водообмін, світлове і мінеральне живлення, умови росту й розвитку рослин. Поряд з цим застосування фізіологічно активних речовин, стимуляторів, інгібіторів тощо дає можливість активніше й ефективніше впливати на окремі процеси життєдіяльності рослин.

Матеріал методичних рекомендацій охоплює два модулі з дисципліни Фізіологія рослин вивчення яких передбачається на II курсі у III семестрі. Практичні роботи є обов'язковою складовою вивчення дисципліни. Це дозволяє майбутнім фахівцям закріпити отримані теоретичні знання, набути певних навичок та засвоїти нові методики вивчення рослинного організму. Адже основним завданням фізіології рослин є узагальнення нових знань про фізіологічні процеси в рослинному організмі та можливості управління продукційним процесом рослинних угруповань з метою створення теоретичної бази раціонального використання й захисту рослинного світу.

Таким чином, здобувачі вищої освіти в ході практичних робіт отримують необхідний об'єм знань і навичок які зможуть потім використати у своїй майбутній роботі. Крім того виконання практичних робіт з фізіології рослин сприяє розвитку у здобувачів вищої освіти наукової форми мислення, здатності до самостійного вирішення певних питань.

МОДУЛЬ І

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИННОЇ КЛІТИНИ. СТРУКТУРА, ФУНКЦІЇ БІОМОЛЕКУЛ

Клітина – основна структурна і функціональна одиниця життя, обмежена напівпроникною мембраною і здатна до самовідтворення. Клітину слід вважати найважливішим етапом у розвитку життя на Землі. Вона є морфологічною і фізіологічною структурою, елементарною одиницею рослинних і тваринних організмів. Клітини різних організмів мають свої особливості.

Істотні відмінності в структурі є й у клітин, що входять до складу одного і того ж організму. В багатоклітинному організмі є високоспеціалізовані клітини яким притаманні свої особливі функції. Клітина запасуючої тканини не схожа на клітину флоєми або клітину механічної тканини. Однак, для всіх клітин характерно багато спільного. Вони здатні до самовідтворення, до використання і перетворення енергії, до синтезу великих і складних молекул.

Клітина має складну організацію. В її компартментах відбуваються складні фізіолого-біохімічні процеси, завдяки яким постійно синтезуються і в той же час розкладаються різні органічні сполуки. Найбільш специфічними речовинами живої рослинної клітини є біополімери: білки, нуклеїнові кислоти, поліцукри. Між макромолекулами, що входять до складу клітини, існує чіткий розподіл функцій. Особливе значення мають два типи біологічних полімерів: нуклеїнові кислоти і білки. Біологічною функцією нуклеїнових кислот є збереження і відтворення генетичної інформації. Білки, як продукт реалізації такої інформації виконують функції: структурну, запасуючу, ферментативну, енергетичну та ін. Лише білки виконують функцію робочих механізмів – ферментів. Адже в основі всіх ознак організму лежать певні біохімічні процеси які відбуваються за допомогою ферментів. Білки здатні сприймати інформацію із зовнішнього середовища і управляти діяльністю клітини. Саме набір специфічних білків-ферментів визначає спрямованість процесів обміну речовин і, в кінцевому рахунку, індивідуальні ознаки організму.

Важливу роль у процесах обміну речовин у живій клітині відіграють вуглеводи, ліпіди, вторинні метаболіти: вітаміни, фітогормони, смоли, глікозиди й інші сполуки. Конкретними регуляторами внутрішньоклітинних процесів є саме гормони.

Вуглеводи в організмі виконують різноманітні і дуже важливі

функції. При їх розпаді у процесі дихання вивільняється основна кількість енергії, що є складовою енергетичного обміну у клітинах. У багатьох рослин вони відкладаються як запасні речовини, виконують основну функцію у побудові клітинної стінки, а проміжні продукти розпаду цукрів необхідні для синтезу різних складних органічних сполук.

Ліпіди разом з білками є основною структурною речовиною всіх клітинних мембран. У деяких рослин у вигляді ліпідів відкладається про запас метаболічне паливо. Крім того вони беруть участь у захисті рослин, процесі фотосинтезу та багатьох інших метаболічних реакціях у рослин.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Вплив окремих солей на форму і час плазмолізу

Мета: дослідити вплив йонів K^+ і Ca^{2+} на форму і час плазмолізу в клітинах соковитої луски цибулі.

Матеріали і обладнання: цибулина з пігментованими лусками, розчини солей: 0,7М $Ca(NO_3)_2$, 1М KNO_3 , 1М $KCNS$, мікроскопи, предметні й накривні скельця, леза.

Теоретичне обґрунтування

За будовою і організацією клітина – досить складна система. В рослинній клітині умовно можна виділити три важливі зони: клітинну оболонку (стінку), протопласт і вакуолю.

Хімічну основу оболонки складають поліцукри, які зумовлюють її високу гідрофільність: пектин, геміцелюлоза і целюлоза. Крім того до складу матриксу оболонки входять білки, пектинові речовини, йони Са. Клітинна оболонка має пори через них проходять цитоплазматичні тяжі – плазмодесми, завдяки яким відбувається міжклітинний обмін.

Найважливіші функції клітинної оболонки такі:

- переважно підтримує форму клітини;
- бере участь у поглинанні води і поживних речовин
- зумовлює тургосцентність клітини;
- перший бар'єр на шляху руху речовин.

Для клітинної стінки не характерна напівпроникність і тому певні речовини можуть вільно проходити через неї.

Плазмалема – плазматична мембрана, що відмежовує цитоплазму від клітинної стінки, має білково-ліпідну природу та

характеризується напівпроникністю. За рахунок цієї властивості вона може виконувати регуляторну функцію обміну речовин між клітиною та оточуючим середовищем.

Тонoplast – вакулярна мембрана, що відокремлює вміст вакуолі від цитоплазми, для неї також характерна напівпроникність, що дозволяє їй регулювати потік речовин із клітини і в клітину. За рахунок властивостей клітинної стінки, плазмалемі і тонoplastу у рослинній клітині можна викликати явище плазмолізу, помістивши її у гіпертонічний розчин, тобто розчин, концентрація якого більша, ніж концентрація вакулярного соку. Процес плазмолізу здійснюється за законом термодинаміки. При зануренні клітини у розчини солей, відбувається процес дифузії, що викликає вирівнювання концентрацій.

У такій ситуації вода буде виходити з вакуолі, об'єм вакуолі буде зменшуватися, і шар цитоплазми, що був притиснутий вакуолею до оболонки, почне відставати від неї.

Однак різні солі по-різному впливають на процес плазмолізу. Не зважаючи на те, що мембрани напівпроникні, невелика кількість катіонів і аніонів проникає до протопласту клітини і впливає на його властивості. За рахунок цього форма і час коли в клітині починається плазмоліз різні. Катіони K^+ сприяють розрідженню цитоплазми, що робить її більш рухомою. Аніони Cl^- викликають сильну гідратацію протопласту, притягуючи молекули H_2O . Внаслідок цього цитоплазма змінює властивості. Крім того форми плазмолізу залежать від проникності плазмолітика через плазмалему і тонoplast.

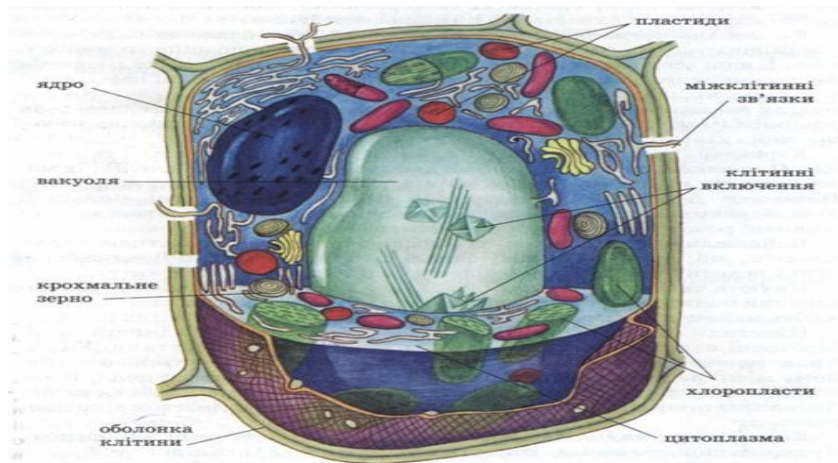


Рис. 1. Схема будови рослинної клітини

Хід роботи

Зріз епідерми з опуклої поверхні пігментованої луски цибулі поміщають у краплю розчину досліджуваної солі, накривають накривним скельцем і зразу ж мікроскопіюють. Слідкують за зміною форми плазмолізу. Визначають час появи плазмолізу в кожній солі. Результати досліду записують у таблицю 1.

Таблиця 1

Вплив окремих солей на форму і час плазмолізу

Варіант	Сіль	Концентрація розчину	Час занурення	Час появи плазмолізу	Різниця в часі, хв
1	Ca(NO ₃) ₂	0,7 М			
2	KNO ₃	1,0 М			
3	KCNS	1,0М			

Після вивчення отриманих результатів роблять висновок про вплив катіонів й аніонів на в'язкість цитоплазми та процес плазмолізу.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Спостереження ознак пошкодження клітини

Мета: на прикладі тканин цибулі вивчити ознаки пошкодження клітин.

Матеріали і обладнання: цибулина з білими лусками, розчин нейтрального червоного, 1М розчин KNO₃, 10% розчин NH₄OH, хімічні стакани, мікроскопи, предметні й накривні скельця, пінцети, склянні палички.

Теоретичне обґрунтування

Білки – це органічні речовини, що забезпечують фізичні і хімічні особливості рослин. У живій клітині білки мають певну структуру яка і визначає їх властивості характерні для живої клітини.

Дія факторів зовнішнього середовища може викликати зміну структури білків. Зв'язки за рахунок яких підтримується вторинна, третинна і четвертинна структури дуже слабкі і легко руйнуються. Це, в свою чергу, дозволяє клітині змінювати властивості і

адаптуватись до зовнішнього середовища. Коли дія фактору досить агресивна і перевищує порогову величину, виникає незворотна денатурація білка – коагуляція.

Як результат цього відбувається руйнування клітинних органел і клітини в цілому. Незалежно від природи агента при пошкодженні в клітині виникає комплекс неспецифічних відповідних реакцій:

- зменшення мембранного потенціалу;
- зменшення ступеня дисперсності цитоплазми (помутніння);
- підвищення в'язкості цитоплазми
- збільшення проникності мембран (вихід речовин із клітини);
- підвищення спорідненості до барвників у ядра і цитоплазми;
- зміщення рН середовища в кислу сторону.

Хід роботи

Шматочок епідерми луски непігментованої цибулі витримують у слабкому розчині нейтрального червоного протягом 20 хв. Після забарвлення шматочок епідерми поміщають на предметне скло в краплю води і розглядають під мікроскоп. У живих клітинах цитоплазма і ядро залишаються безбарвними, а вакуоля набуває малинового кольору. При дії на клітину KNO_3 у клітині спостерігається плазмоліз. Це означає, що клітина жива.

Для того, щоб дослідити зміни у пошкодженій клітині, використовують отруту – амоніак. Після нанесення його на зріз забарвлення зрізу змінюється і набуває жовтого кольору, цитоплазма і ядро набувають видимої в мікроскоп структуру і набувають жовто-бурого забарвлення.

Зарисовують живі клітини цибулі, що накопичили в вакуолях нейтральний червоний, клітини плазмольовані в 1М розчині KNO_3 ; клітини цибулі з оструктуреним і забарвленим ядром і цитоплазмою.

- Рис. 1. Клітини цибулі, що накопичили в вакуолях нейтральний червоний;
- Рис. 2. Клітини цибулі плазмольовані в 1М KNO_3 ;
- Рис. 3 Клітини цибулі з оструктуреним і забарвленим ядром і цитоплазмою під дією амоніаку.

Після вивчення отриманих результатів роблять висновок про ознаки пошкодження клітини дією отрути.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

Діагностика пошкодження рослинної тканини за збільшенням проникності мембран

Мета: вивчити дію різних факторів на проникність клітинних мембран.

Матеріали і обладнання: червоний буряк, 30% розчин оцтової кислоти, 50% розчин етанолу, 1М розчин KNO_3 , штативи з п'ятьма пробірками, конічні колби, свердла, лінійки, піпетки з поділками на 10 мл, предметні й накривні скельця, мікроскопи, ФЕК.

Теоретичне обґрунтування

Мембрани – високоорганізовані структури клітин, їх склад залежить від типу і функцій, але це структура клітини яка складається, головним чином, із ліпідів (фосфоліпідів, сульфоліпідів, гліколіпідів) і білків (периферичних і інтегральних).

В клітинних мембранах зустрічаються тисячі різних білків. Завдяки білкам мембрані характерні каталітичні властивості (цю функцію виконують периферичні білки які частково занурені в ліпідний матрикс) і напівпроникність. Функцію напівпроникності виконують інтегральні білки, за рахунок яких утворюються пори. Завдяки мембранам клітина зберігає свої властивості і постійність внутрішнього середовища.

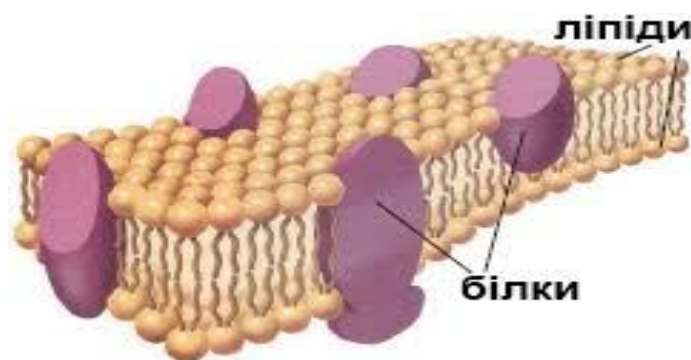


Рис. 2. Схема будови мембрани рослинної клітини

Пошкодження клітини відбувається, в першу чергу, за рахунок коагуляції білкових структур. Так, як напівпроникність мембран забезпечують білки, при пошкодженні вони руйнуються і мембрана втрачає свою функцію. Це стимулює

вільний вихід речовин із клітини. Чим значнішого пошкодження зазнає мембрана, тим активніше виходять речовини. Ця ознака може бути використана як індикатор або показник ступеню пошкодження клітини.

Хід роботи

З коренеплоду столового буряка вирізають п'ять шматочків циліндричної форми висотою 4 см, їх ретельно промивають у воді і поміщають по одному в п'ять пробірок, наповнених 10 мл різних розчинів згідно до схеми досліду.

Варіант досліду з кип'ятінням виконують таким чином. У колбу з киплячою водою опускають шматочок буряка, через 2 хв його виймають і опускають у пробірку з холодною водою.

Через 30 хв після початку досліду всі пробірки інтенсивно збовтують, шматочки буряка виймають і порівнюють кількість пігменту, що вийшов з клітин у різних варіантах досліду за допомогою фотоелектрокалориметра (ФЕК). Результати записують в таблицю 2.

Таблиця 2

Вплив різних факторів на ступінь пошкодження клітин

Номер пробірки	Варіант досліду	Інтенсивність забарвлення розчину	Показання ФЕК
1	Вода (контроль)		
2	Вода (кип'ячена)		
3	30% розчин оцтової кислоти		
4	50% розчин етанолу		

Для спостереження за станом клітин із шматочка буряка контрольного варіанту і варіанту з найбільш інтенсивним виходом речовин готують тонкі зрізи, поміщають їх на предметне скло в краплю 1М розчину KNO_3 , накривають накривним скельцем і розглядають під мікроскоп. Зрізи двох варіантів зарисовують.

- Рис. 1. Зрізи з найбільш інтенсивним виходом речовин.
- Рис. 2. Зрізи контрольного варіанту.

За матеріалами спостережень роблять висновки про ступінь пошкодження цитоплазми дією різних факторів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

Визначення життєздатності насіння за забарвленням цитоплазми

Мета: ознайомитися з методикою визначення життєздатності насіння за забарвленням їх зародків вітальними барвниками.

Матеріали і обладнання: лупи, леза, пінцети, бюкси, препарувальні голки, фільтрувальний папір, насіння кvasолі, гороху, 0,2 % розчин кислого фуксину, 0,2% розчин індигокарміну.

Теоретичне обґрунтування

У пошкоджених клітинах змінюється прижиттєва структура цитоплазми, в результаті чого збільшується їх спорідненість з барвниками. На цій властивості ґрунтуються методи визначення життєздатності насіння за забарвленням їх зародків вітальними барвниками. Життєздатним вважається насіння, зародки якого не забарвлюються.

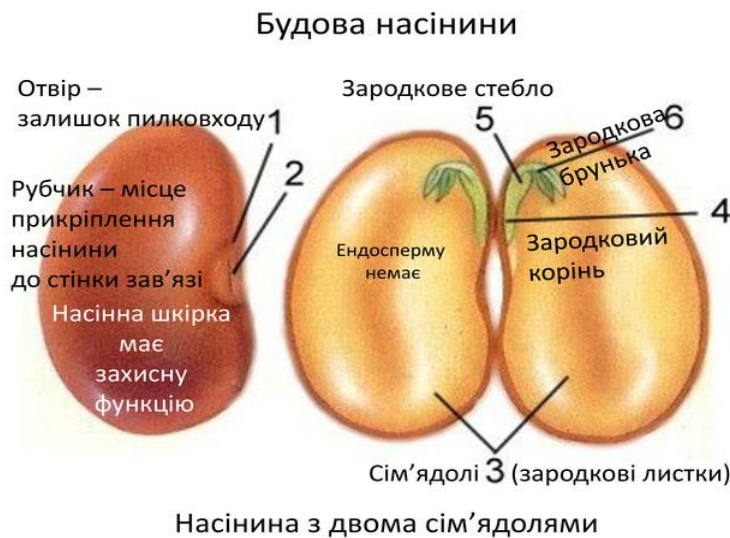


Рис. 3. Будова насіння кvasолі

Хід роботи

Метод Нелюбова. Насіння кvasолі або гороху (люпину, льону, коноплі, та інших рослин), яке зволожують у термостаті протягом 16 –18 годин за температури 20°C, звільняють від насінневих оболонок. 10 насінин кладуть у 0,2% розчин індигокарміну на 2–3 години за температури 30°C. Потім барвник зливають, насіння старанно промивають водою і визначають його життєздатність. Насіння, сім'ядолі якого частково забарвились, а

корінці зовсім не забарвились, вважають життєздатним. Якщо в насінні забарвлені корінці і сім'ядолі – таке насіння нежиттєздатне.

Для біологічної перевірки беруть по 10 насінин, кладуть їх у мокру тканину, щоденно зволожують і через 6–7 днів виявляють пророслі і непророслі насінини. Результати порівнюють із даними, добутими під час фарбування.

Метод Іванова. 10 зернівок пшениці, які знаходились у зволоженому стані протягом 10 годин за температури 18°C, розрізають лезом вздовж борозенки і кладуть у 0,2% розчин кислого фуксину на 15 хвилин. Після цього барвник зливають, насіння промивають водою, розкладають на фільтрувальний папір і визначають життєздатність. У життєздатних зернівок зародки не забарвлені. У неживих або дуже пошкоджених зернівок зародки забарвлюються інтенсивно. При дослідженні доцільно скористатися лупами.

Насіння зарисовують:

- Рис. 1. Нежиттєздатна зернівка пшениці;
- Рис. 2. Життєздатна зернівка пшениці;
- Рис. 3. Нежиттєздатне насіння кvasолі;
- Рис. 4. Життєздатне насіння кvasолі.

За матеріалами спостережень роблять висновки про ступінь пошкодження дослідних насінин.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

Спостереження швидкості руху цитоплазми в клітинах

Мета: виявити рух цитоплазми в живих рослинних клітинах, встановити залежність цього процесу від зовнішніх факторів.

Матеріали і обладнання: предметні й накривні скельця, термостат, хімічні склянки на 100 мл, гілочки елодеї.

Теоретичне обґрунтування

Рух цитоплазми – поширене і цікаве явище, яке легко виявити в живих клітинах. Завдяки руху цитоплазми відбувається переміщення речовин між компартментами клітини, забезпечується їх поглинання й виділення, відбувається внутрішньоклітинне переміщення органел тощо. При цьому топографія органел та

просторове положення їх у клітині, яке зумовлене рухом цитоплазми, визначають і створюють найбільш оптимальні умови їх функціонування. Уперше рух цитоплазми спостерігав ще в 1774 році італійський учений А. Корті.

За походженням розрізняють первинний рух цитоплазми (виникає спонтанно) і вторинний (під дією подразника). За характером рухи цитоплазми досить різноманітні. Спостерігаються коливальні рухи, коли та чи інша ділянка цитоплазми робить обертові рухи навколо якогось центру, циркуляційні, або струминні, за яких рухомі частини цитоплазми мають вигляд струмків, ротаційні, коли в процес руху вздовж оболонки клітини втягується вся протонема.

Рухи цитоплазми – це природні прояви процесів життєдіяльності в ній. Вони максимально виражені за оптимальної температури і мають середню швидкість 0,2–0,6 мм/хв. Швидкість руху залежить від величини структурної в'язкості цитоплазми, її рН, наявності ростових речовин.

Вторинні рухи часто ініціюються яскравим світлом (цей процес називається фотодинез), підвищеною температурою (термодинез), хім. речовинами (хемодинез).

Різні інгібітори і роз'єднувачі дихання гальмують швидкість руху цитоплазми. Рух цитоплазми – найбільш достовірний показник життєдіяльності рослинної клітини.

Хід роботи

Недалеко від верхівкової бруньки пагона елодеї пінцетом відривають листочок або його частину, переносять у краплину акваріумної води на предметному склі. Через 5–10 хв, коли встановиться стаціонарний рівень руху цитоплазми, об'єкти розглядають на середньому збільшенні. Вибирають ділянку препарату де рух цитоплазми видно найкраще. Свідченням цього є зміна положення хлоропластів у клітині. Зарисовують препарат:

- Рис. 1. Початкове положення хлоропластів у клітинах;
- Рис. 2. Положення хлоропластів у клітинах після встановлення стаціонарного рівня.

За матеріалами спостережень роблять висновки про інтенсивність та тип руху цитоплазми.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Плазмоліз і деплазмоліз у рослинних клітинах

Мета: ознайомитися з явищем плазмолізу й деплазмолізу, вивчити умови і значення цих явищ у процесах життєдіяльності рослинних клітин.

Матеріали і обладнання: цибуля ріпчаста або листки інших об'єктів з пігментованим клітинним соком, ланцети, препарувальні голки, 1М розчин NaCl або сахарози, фільтрувальний папір, пінцети.

Теоретичне обґрунтування

Вода в системі «клітина – навколишнє середовище» переміщається відповідно до величини осмотичного потенціалу вакуолярного соку й осмотичного потенціалу навколишнього розчину. Клітини поглинають воду з навколишнього середовища тільки за однієї умови: осмотичний потенціал клітинного соку має бути вищим ніж потенціал навколишнього розчину. У протилежному випадку вода буде виходити із вакуолі клітини, відбуватиметься плазмоліз.

Наочним проявом осмотичних і життєздатних властивостей рослинних клітин і є явище плазмолізу та деплазмолізу. Плазмоліз можна спричинити, помістивши клітини в гіпертонічний розчин, тобто розчин, концентрація якого більша, ніж вакуолярного соку. Внаслідок цього більш концентрований зовнішній розчин відбирає воду від вакуолі, об'єм якої зменшується, і шар цитоплазми, що був притиснутий вакуолею до оболонки, відстає від неї.



Рис. 4. Типи плазмолізу рослинної клітини

а - клітина в стані тургору, б - кутовий, в – увігнутий, г – опуклий, д - судорожний.

1 - оболонка, 2 - вакуоля, 3 - цитоплазма, 4 - ядро, 5 - нитки Гехта.

Плазмоліз найкраще спостерігати у рослин із забарвленим клітинним соком, оскільки сама цитоплазма безбарвна. Тому для роботи краще використовувати епідерму забарвлених лусок цибулі, червоної капусти, традесканції.

Хід роботи

З луски цибулі або листка традесканції знімають пінцетом шматочки забарвленої епідерми і швидко кладуть у краплину відстояної водопровідної води на предметному склі і накривають накривним скельцем. Користуючись малим збільшенням мікроскопу знаходять місця препарату, де клітини найкраще забарвлені і не деформовані. Зарисовують форму і стан кількох типових клітин. Після цього смужкою фільтрувального паперу відтягують з-під накривного скельця воду, а з протилежного боку наносять краплину 1М розчину сахарози або NaCl, який і замінює воду. За кілька хвилин буде видно, як у зафарбованих клітинах цитоплазма починає відставати від оболонки. Поступово таке відходження збільшується, поки весь протопласт не перетвориться на кулясте утворення в центрі або біля однієї з оболонок клітини. Забарвлення вакуолі стає значно інтенсивнішим за рахунок зменшення її об'єму.

За певних умов освітлення препарату та стану цитоплазми на початковій фазі плазмолізу можна спостерігати тоненькі тяжі, що тягнуться від поверхні протопласта до пор в оболонці. Це так звані плазмодесмові нитки, які свідчать про в'язкість та еластичність цитоплазми. Залежно від цього виникають різні форми плазмолізу: опуклий, увігнутий, судорожний, ковпачковий.

Через деякий час у зв'язку з тим, що цитоплазматичні мембрани пропускають не тільки воду, а й деякі речовини, в вакуолях підвищується концентрація клітинного соку. Тоді клітина розпочинає осмотичне поглинання води. Об'єм плазмольованого протопласту поступово збільшується, цитоплазма наближається до оболонки. Так відбувається деплазмоліз.

Деплазмоліз істотно прискорюється при заміні плазмолітика на воду. Для цього розчин з-під скельця відтягують смужкою фільтрувального паперу. Зарисовують зміну форм плазмолізу у досліджуваних клітинах:

- Рис. 1. Початкова форма плазмолізу;
- Рис. 2. Увігнута форма плазмолізу;
- Рис. 3. Опукла форма плазмолізу.

За матеріалами спостережень роблять висновки про явище плазмолізу й деплазмолізу, умови і значення цих явищ у процесах життєдіяльності рослинних клітин.

Контрольні питання до модуля I «Фізіологія рослинної клітини. Структура, функції біомолекул»

1. Будова рослинної клітини. Роль окремих органел.
2. Мембрани рослин, будова, функції.
3. Хімічний склад, будова і функції клітинної стінки рослин.
4. Білки рослин, структура і функції.
5. Ліпіди рослин, хімічний склад, структура, функції.
6. Вуглеводи рослин, класифікація, склад, будова, функції.
7. Ферменти рослин, природа, будова, функції.
8. Способи регуляції активності ферментів у рослинах.
9. Нуклеїнові кислоти, хімічний склад, структура, функції.
10. Біосинтез білків у рослинах, основні етапи.
11. Вітаміни, класифікація, фізіологічна роль.

Приклади тестових завдань до модуля I «Фізіологія рослинної клітини. Структура, функції біомолекул»

1. Основними компонентами клітинних мембран є:
 - а) білки та вуглеводи;
 - б) ліпіди та білки;
 - в) нуклеїнові кислоти та ліпіди;
 - г) цукри та жири.
2. Мембрани клітин включають такі групи білків:
 - а) структурні;
 - б) скорочувальні;
 - в) білки-ферменти;
 - г) все зазначене.
2. У рості клітинної стінки бере участь:
 - а) апарат Гольджі;
 - б) ендоплазматичний ретикулум;
 - в) мікротрубочки;
 - г) гліоксисоми.

3. До напіваавтономних органоїдів рослинної клітини належать:

- а) мітохондрії, хлоропласти, ядро;
- б) ядро, рибосоми, апарат Гольджі;
- в) ЕР, мікротрубочки, мітохондрії;
- г) рибосоми, ядро, хлоропласти.

4. Рибосоми в клітині містяться:

- а) вільно плавають у цитоплазмі;
- б) у ядрі;
- в) на гранулярній ендоплазматичній сітці;
- г) у мітохондріях, цитоплазмі, ендоплазматичній сітці.

5. Накопичення крохмалю відбувається:

- а) у хлоропластах і ядрі;
- б) у хлоропластах і лейкопластах;
- в) у вакуолях і мітохондріях;
- г) у цитоплазмі.

6. Поглинання енергії квантів світла відбувається:

- а) у лейкопластах;
- б) у хлоропластах;
- в) у гіалоплазмі;
- г) у мітохондріях.

7. Функцією рибосом є:

- а) транспортна;
- б) синтез білків;
- в) синтез жирів;
- г) синтез вуглеводів.

8. Функцією ядра є:

- а) участь у поділі клітини і фотосинтезі;
- б) побудова клітинної стінки;
- в) зберігання і передача спадкової інформації;
- г) регуляція водообміну

9. Гомеостаз – постійність середовища в кожному компартменті підтримується завдяки:

- а) клітинній оболонці;

- б) мембрані;
- в) вакуолі;
- г) все зазначене.

10. Прикладом пасивного транспорту речовин через мембрани є:

- а) протонна помпа;
- б) натрій-калієвий насос;
- в) осмотичний механізм;
- г) все зазначене.

11. Процеси відкладання лігніну у клітинній оболонці називають:

- а) здерев'яніння;
- б) зкорковіння;
- в) мінералізація;
- г) мацерація.

12. Секреторну функцію в клітині виконують:

- а) хлоропласти;
- б) мітохондрії;
- в) лізосоми;
- г) рибосоми.

13. Первинна структура білкової молекули формується за рахунок зв'язку:

- а) водневого;
- б) пептидного;
- в) дисульфідного;
- г) ковалентного.

14. До простих білків відносять:

- а) фосфопротейни;
- б) глікопротейни;
- в) альбуміни;
- г) нуклеопротейни.

15. Третинна структура білкової молекули утримується за рахунок зв'язків:

- а) йонних;
- б) пептидних;

- в) дисульфідних;
- г) все зазначене.

16. До моноамінокарбонових кислот відносять:

- а) гліцин;
- б) аспарагін;
- в) лізин;
- г) аргінін.

17. Функціональні властивості молекул білків визначаються:

- а) кількістю амінокислот у складі молекули;
- б) послідовністю амінокислот;
- в) просторовою структурою молекули;
- г)) все зазначене.

18. Завершальною фазою біосинтезу (трансляції) білка є:

- а) елонгація;
- б) термінація;
- в) активування амінокислот;
- г) утворення ініціаторного комплексу.

19. Реакції перенесення функціональних груп і молекулярних залишків каталізують:

- а) гідролази;
- б) трансферази;
- в) ізомерази;
- г) лігази.

20. Основними функціями вуглеводів у рослинній клітині є:

- а) джерело енергії;
- б) складова білків;
- в) участь у синтезі органічних кислот;
- г) все зазначене.

21. Найбільш поширеними полісахаридами в рослин є:

- а) глюкоза і фруктоза;
- б) крохмаль, целюлоза, пектин;
- в) цукроза і глікоген;
- г) глюкоза і крохмаль.

22. Найбільш поширеними гетерополісахаридами в рослин є:

- а) крохмаль та інουλін;
- б) целюлоза та геміцелюлоза;
- в) целюлоза та інουλін;
- г) геміцелюлоза та агар-агар.

23. При проростанні насіння перетворення жирних кислот у вуглеводи відбувається у:

- а) амілопластах;
- б) гліоксисомах;
- в) хлоропластах;
- г) апараті Гольджи.

24. Вміст жирів у насінні рослин зростає за:

- а) високої вологості ґрунту;
- б) зниження температури повітря;
- в) внесення Р і К добрив;
- г) все зазначене.

25. Транспортування вуглеводів по рослині відбувається переважно у вигляді:

- а) глюкози;
- б) цукрози;
- в) еритрози;
- г) крохмалю.

26. Відокремлення пристінного шару цитоплазми від твердої оболонки клітини називається:

- а) плазмоліз;
- б) деплазмоліз;
- в) циторіз;
- г) гліколіз.

27. Процес плазмолізу виникає в клітині як результат її занурення у розчин:

- а) гіпотонічний;
- б) гіпертонічний;
- в) ізотонічний;
- г) все зазначене.

28. ДНК у рослинній клітині можна виявити у:

- а) цитоплазмі і ядрі;
- б) ядрі, хлоропластах, мітохондріях;
- в) ЕР, апараті Гольджі, рибосомах;
- г) ядрі.

29. Пептидний зв'язок утворюється при взаємодії груп:

- а) OH і COOH;
- б) NH₂ і OH;
- в) COOH і NH₂;
- г) за рахунок взаємодії радикалів.

30. Каталітична функція притаманна таким групам органічних речовин:

- а) нуклеїновим кислотам;
- б) білкам;
- в) фосфоліпідам;
- г) гормонам.

31. В утворенні кутикули у рослин беруть участь:

- а) целюлоза і суберин;
- б) кутин і віск;
- в) лігнін і крохмаль;
- г) білки і крохмаль.

32. Ліпіди виконують функції:

- а) регуляторну, антибіотичну;
- б) транспортну, каталітичну;
- в) енергетичну, будівельну;
- г) лише запасуючу.

33. На зиму у рослин відкладаються переважно:

- а) білки;
- б) вуглеводи;
- в) жири;
- с) нуклеїнові кислоти.

34. Ферменти від інших білків відрізняються:

- а) синтезуються на рибосомах;

- б) є каталізаторами хімічних реакцій;
- в) до їх складу входять метали, вітаміни;
- г) мають невелику масу.

35. Структура клітини, де відбувається синтез АТФ за рахунок енергії окиснення органічних речовин:

- а) пластиди;
- б) ядро;
- в) мітохондрії;
- г) рибосоми.

36. До немембранних органел рослинної клітини належать :

- а) лізосоми;
- б) рибосоми;
- в) мітохондрії;
- г) пластиди.

37. Найбільш слабкими зв'язками, що стабілізують третинну структуру білка є:

- а) ковалентні;
- б) пептидні;
- в) водневі;
- г) гідрофобні.

38. Специфічність ферменту залежить від:

- а) лабільності ферменту;
- б) концентрації ферменту;
- в) небілкової частини;
- г) структури активного центра.

39. До органел клітини, що виконує секреторну функцію відноситься:

- а) лізосома;
- б) апарат Гольджі;
- в) ендоплазматична сітка;
- г) рибосома.

40. Частиною клітини, що характерна лише для рослин є:

- а) клітинна стінка;

- б) мезоплазма;
- в) плазмалема;
- г) гіалоплазма.

41. Градієти біоелектричних потенціалів у клітинах рослин обумовлені:

- а) градієнтами осмотичного тиску між клітиною і середовищем;
- б) роботою мембранної Н- помпи;
- в) скорочувальними білками;
- г) рибосомальною активністю клітини.

42. Активація амінокислот, що беруть участь у біосинтезі білка, відбувається:

- а) у ядрі;
- б) у рибосомі;
- в) у цитоплазмі;
- г) на мембранах органел.

43. Гідролітичні ферменти в клітині локалізовані:

- а) у ядрі;
- б) у апараті Гольджі;
- в) у лізосомах;
- г) у хлоропластах.

44. Частиною клітини, що головним чином регулює надходження речовин у цитоплазму, є:

- а) тонопласт;
- б) плазмалема;
- в) вакуоля;
- с) клітинна стінка.

45. У активному транспортуванні речовин через клітинні мембрани приймають участь:

- а) крохмаль;
- б) амфіпатичні ліпіди;
- в) глюкоза;
- г) білки.

46. ДНК хлоропластів і мітохондрій має структуру:

- а) α - спіраль;
- б) глобула;
- в) ланцюжок;
- г) подвійна спіраль, замкнута в кільце.

47. Гідролази беруть участь у:

- а) реакціях синтезу;
- б) окисно-відновних реакціях;
- в) реакціях розкладання за допомогою води;
- г) переносі різних груп.

48. На підвищення структурної в'язкості цитоплазми у клітині впливає:

- а) зниження температури;
- б) фаза онтогенезу;
- в) наявність двовалентних йонів;
- г) все зазначене.

МОДУЛЬ 2

ВОДНИЙ ОБМІН РОСЛИН

Вода – первинна ніша життя. Серед хімічних сполук живих організмів вода в кількісному відношенні займає домінуюче положення. Активний прояв життєдіяльності без води взагалі неможливий.

У середньому вода становить 80–90% маси рослини. Однак цей показник може змінюватися і в значній мірі його величина залежить від видових особливостей, тканини та органу, віку, функціональної активності, факторів зовнішнього середовища. У гігрофітів вміст води становить близько 65–70%, мезофітів – 45–60%, ксерофітів – 25–27%.

Водний обмін (водообмін) – надходження води в рослину і віддача її рослиною складається з трьох послідовно і тісно пов'язаних між собою процесів: надходження води в корені рослини із ґрунту; підняття води по коренях і стеблах у листки і в розташовані на стеблах органи і тканини, точки росту; випаровування надлишкової води з листків в атмосферу.

Загальна кількість води, що проходить через рослину, надзвичайно велика. У помірно вологому кліматі за вегетаційний період одна рослина кукурудзи або соняшнику витрачає до 100 л води, а один гектар посіву пшениці випаровує за літо 2–3 тис. м³ води. У середньому на створення кожного кілограма врожаю сухої маси рослина витрачає близько 250–300 кг води, а в посушливому кліматі – до 500–600 кг.

Функції води обумовлені фізико-хімічними властивостями і будовою молекули. Молекула води полярна і являє собою диполь. Безперервно циркулюючи по організму, вода постачає клітинам субстрати та метаболіти, виносить продукти життєдіяльності. Все це забезпечує гомеостаз та функціонування організму як єдиного цілого.

У живій клітині вода виконує безліч функцій:

- зв'язуюча транспортна ланка між різними клітинами організму;
- невід'ємний компонент протоплазматичних структур;
- компонент біохімічних процесів;
- фактор, що забезпечує тургор клітин і всього організму;
- терморегулятор.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

Визначення вмісту води та сухих речовин у рослинах

Мета: Ознайомитися з методикою визначення вмісту води та сухих речовин у рослинних зразках.

Матеріал і обладнання: дослідні рослини, сухе і проростаюче насіння різних видів, терези, бюкси, сушильна шафа, ексікатор, щипці, свердла (діаметр 5-8 мм), шматочки гуми 5×5 см.

Теоретичне обґрунтування

Вода – первинна ніша життя. Серед хімічних сполук живих організмів вода в кількосному відношенні займає домінуюче положення, її вміст у листках мезофітів сягає до 85%, а у корені – до 99% сирої маси. Активний прояв життєдіяльності без води неможливий. Сухе насіння, спори, при вмісті води 3-15%, знаходяться в стані анабіозу, в цей період інтенсивність метаболізму зводиться до мінімуму.

Вміст води у рослинах змінюється в широких межах і залежить від віку, фізіологічного стану, хімічного складу рослин та від впливу на них різноманітних факторів середовища. Саме тому визначення загального вмісту води є, як правило, обов'язковим у різноманітних дослідженнях. Вміст води в рослинних тканинах вираховують у відсотках від сирої маси.

Хід роботи

Миють бюкси і висушують їх до постійної маси. Для цього відкриті бюкси витримують 60–90 хв у шафі за температури 100–105°C, потім для охолодження поміщають їх в ексікатори, закривають кришками і зважують на терезах. Висушування і зважування бюксів повторюють доти, доки їх маса не стане сталою.

Рослинний матеріал відбирають за варіантами. Висічки із листків, зроблені свердлом у трикратній повторності, поміщають у бюкси і зважують на терезах, відкривають кришки і ставлять у нагріту до 105°C сушильну шафу на 5 год. Потім кришки закривають, виймають бюкси, охолоджують у ексікаторі та знову зважують. Висушування і зважування матеріалу повторюють до досягнення постійної маси бюксів.

Під час роботи слід дотримуватися таких правил. Сирий матеріал повинен лежати в бюксах пухко. Не можна витримувати його в шафі без перерви понад 5 год. Бажано розміщувати бюкси на

одному рівні з кулькою температура і не впритул до стінок шафи. Брати бюкси слід щипцями, а не руками, тому що в останньому випадку маса буде змінюватись.

Маса води у наважці дорівнює різниці мас сирого і висушеного матеріалу. Потім розраховують вміст у відсотках до відносно сирій та сухої маси рослинного матеріалу.

Таблиця 3

Визначення масової частки води та сухої речовини

Назва рослин, ярус, варіант	Номер бюкса, г	Маса бюкса, г	Маса бюкса з сирією пробою, г	Маса сирій наважки, г	Маса бюкса з сухою пробою, г	Маса сухої проби, г	Вміст води у пробі, г	Вміст води, %

На основі отриманих результатів роблять висновок про вміст води та сухих речовин у листках різних ярусів (або іншого рослинного матеріалу).

ПРАКТИЧНА РОБОТА №8***Визначення осмотичного тиску клітини методом плазмолізу***

Мета: ознайомитися з методикою визначення осмотичного тиску клітинного соку методом плазмолізу на прикладі клітин цибулі.

Матеріали і обладнання: цибулина з добре пігментованими лусками, 1 М розчин сахарози, леза, мікроскопи, предметні й накривні скельця, бюкси, градуйовані піпетки на 10 мл, препарувальні голки, годинник, фільтрувальний папір.

Теоретичне обґрунтування

Осмотичний механізм поглинання води діє тільки в клітинах, що мають вакуолі. Вакуолізована клітина є осмотичною системою. Поглинання води рослиною залежить від водного потенціалу клітини, який визначається кількістю і рухомістю води в вакуолі. На рухомість води впливають розчинені сполуки, які знаходяться

в клітинному сокові і тиск клітинної стінки, що називається тургорним тиском та визначається гідростатичним потенціалом. Молекули води завжди надходять із середовища з меншим осмотичним потенціалом у середовище з більшим осмотичним потенціалом. Від концентрації речовин у вакуолях залежить величина осмотичного тиску в клітині.

Показник осмотичного тиску в вакуолях рослинної клітини визначається за рівнянням:

$$P = 101,3 \cdot Ci \cdot R \cdot T, \text{ де}$$

C — концентрація речовини, в молях;

i — ізотонічний коефіцієнт, залежить від дисоціації речовин, для неелектролітів (сахароза) дорівнює 1;

R — газова стала (0,0821);

T — температура, при якій спостерігається реакція (за шкалою Кельвіна).

Для переводу осмотичного тиску в кПа використовують коефіцієнт 101,3.

Таким чином, з формули видно, що для визначення осмотичного тиску клітинного соку необхідно визначити показник C (концентрацію речовин у вакуолях клітини). При зануренні тканини в розчини сахарози різної концентрації в клітинах спостерігаються відповідні реакції на зовнішні умови середовища.

Вода надходить у клітину за умови $C_2 < C_1$, де

C_1 — концентрація речовин у вакуолях клітини;

C_2 — концентрація зовнішнього розчину.

Плазмоліз у цих клітинах спостерігатися не буде (рисунок 5).

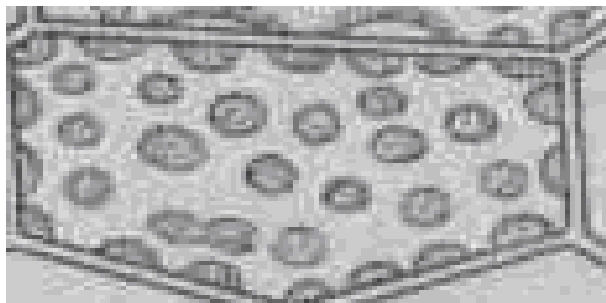


Рис. 5. Клітина повністю насичена водою

Вода виходить із клітини за умови $C_1 < C_2$, де

C_1 — концентрація речовин у вакуолях клітини;

C_2 — концентрація зовнішнього розчину.

У цьому випадку спостерігається плазмоліз (рисунок 6).



Рис. 6. Клітини у стані плазмолізу

Змін у клітинах не спостерігається за умови $C_1 = C_2$, де

C_1 — концентрація речовин у вакуолях клітини;

C_2 — концентрація зовнішнього розчину.

Коли концентрація речовин у вакуолях клітини (C_1) дорівнює концентрації зовнішнього розчину (C_2), в цьому випадку ніяких помітних змін у клітині не спостерігається (рисунок 7).

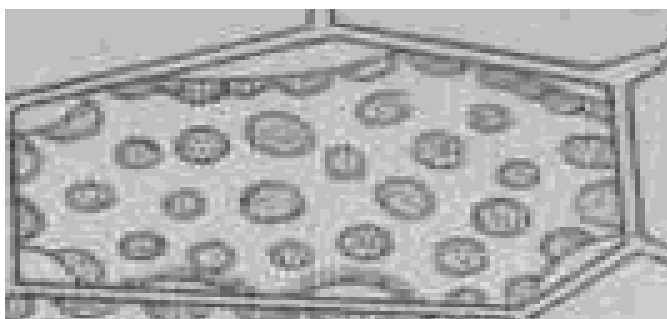


Рис. 7. Клітина в ізотонічному розчині

Спостерігаючи за процесами, що відбуваються в клітині, необхідно знайти розчин з такою концентрацією сахарози, що відповідатиме третьому варіанту (ізотонічний розчин). Встановлену концентрацію використовують для визначення осмотичного тиску в клітині.

Хід роботи

У бюксах готують по 10 мл 0,7М; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2 М розчинів сахарози шляхом розбавлення 1М розчину дистильованою водою. Розчини ретельно перемішують. Бюкси

закривають кришкою, щоб запобігти випаровуванню, і розташовують послідовно за зменшенням концентрації.

Лезом бритви роблять тонкі зрізи із випуклої поверхні луски цибулі з добре пігментованої ділянки.

В кожен бюкс, починаючи із найвищої концентрації, з інтервалом 3 хв опускають по два - три зрізи. Через 30 хв після занурення в перший бюкс, зрізи досліджують під мікроскопом. Потім кожні 3 хв спостерігають під мікроскопом зрізи з наступних бюксів. Зрізи розглядають в краплі розчину з того бюкса, звідки вони були взяті.

Визначають ступінь плазмолізу клітин у кожному розчині і знаходять ізотонічну концентрацію, як середнє арифметичне між концентрацією, при якій плазмоліз лише починається, і концентрацією, яка вже не викликає плазмолізу.

Таблиця 4

Визначення осмотичного тиску клітинного соку цибулі

Концентрація сахарози, моль/л	Кількість розчину сахарози, мл	Кількість мл води	Ступінь плазмолізу
0,7	7	3	
0,6	6	4	
0,5	5	5	
0,4	4	6	
0,3	3	7	

За формулою розраховують величину осмотичного тиску клітинного соку в клітинах цибулі. На основі добутих результатів і мети роботи роблять висновок.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №9

Визначення інтенсивності транспірації ваговим методом

Мета: на прикладі кімнатних рослин ознайомитись із методикою визначення інтенсивності транспірації і порівняти її з випаровуванням із вільної водної поверхні.

Матеріали і обладнання: листки кімнатної рослини, ваги, годинник, пробірки, чашки Петрі, ножиці, папір, лінійка, вата.

Теоретичне обґрунтування

Транспірація – це процес випаровування води з поверхні рослини. Вона буває кутикулярна, лентикулярна і продихова. Загальна транспірація листя складається з двох елементів: кутикулярної і продихової. Основним видом транспірації рослин вважається продихова транспірація, яка складає близько 80% загальної транспірації рослин. Кутикулярна транспірація залежить від будови листка, його віку, особливості будови рослини.

Для загальної оцінки транспірації використовують кілька показників.

Інтенсивність транспірації – це кількість води (у грамах), що випаровується з одиниці площі поверхні листка за одиницю часу. У сільськогосподарських рослин цей показник лежить в інтервалі 15 до 250 г/м² год. Це залежить від виду рослин, відносної вологості повітря, температури і вологості ґрунту та інших факторів.

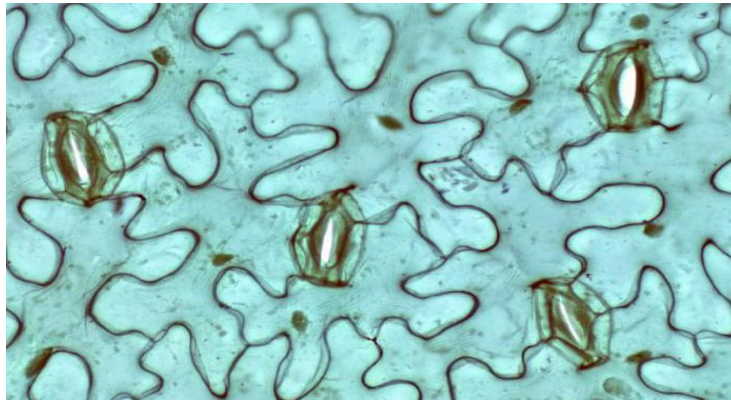


Рис. 8. Розташування продихів на поверхні листків рослини.

Від інтенсивності транспірації залежить посухостійкість рослин. Рослини з низькою транспірацією, як правило, відрізняються високою посухостійкістю. Вони здатні до помірного поглинання і випаровування води. До цієї групи відносяться такі рослини як сорго, соя, кукурудза.

Відносна транспірація – це відношення інтенсивності транспірації рослини до випаровуванням з такої ж площі, але вільної водної поверхні в тих же умовах.

Продихи, що є на листку рослини, складають приблизно 0,01 площі листка (рис. 8). Можна б було припустити, що випаровування з поверхні листка буде в сто разів меншим ніж випаровування з

вільної водної поверхні такої ж площі. Але цей показник менший всього в 1,5–2 рази. Це пов'язано із законом випаровування з малих отворів (якими і є пори).

Величина відносної транспірації коливається в межах від 0,1 до 0,5, а у деяких умовах дорівнює 1, у кактусів може дорівнювати 0,01. Чим більш посухостійкою є рослина, тим меншим показником відносної транспірації вона характеризується.

Хід роботи

З кімнатної рослини зрізують листок разом із черешком. Нижній кінець черешка зрізують навкоси під водою приблизно на 1 см для відновлення водних ниток у провідних судинах. Черешок щільно закріплюють ватою в пробірці наповненій звичайною водою. Він повинен бути повністю занурений у воду але вата не повинна торкатися води. Пробірку з листком зважують на технічних вагах і залишають на 1 год. Дослід закладають у різних умовах освітлення (розсіяне світло і темрява).

У чашку Петрі наливають води тієї ж температури, чашку зважують і ставлять на 1 год поряд із пробіркою.

Через 1 год пробірку з листком і чашку Петрі знову зважують і за різницею маси визначають кількість води, що випарувалась з даних поверхонь за час досліду.

На основі отриманих даних визначають інтенсивність транспірації. Але щоб зробити розрахунок, необхідно знати площу листка взятого для досліду. Її можна визначити ваговим методом. Для цього з паперу вирізають квадрат площею 100 см² і зважують. Потім на нього кладуть досліджуваний листок і обводять контур. Контур вирізають і також зважують. Складають пропорцію та розраховують площу листка за формулою:

$$S = 100 B/A \quad (1), \text{ де:}$$

A – маса квадрату паперу, г;

B – маса контуру листка, г;

Інтенсивність транспірації розраховують за формулою:

$$T = 10\,000 C/St \quad (2)$$

де: C - зменшення в масі за час досліду, г;

S – площа листка, см²;

T – тривалість досліду, год.

Паралельно в тих же умовах визначають випаровування з вільної водної поверхні. Для цього враховують кількість води, що випарувалась за 1 годину з поверхні чашки Петрі. Площу чашки Петрі визначають за формулою:

$$S = \pi r^2$$

Розраховують інтенсивність випаровування (E) з вільної водної поверхні, користуючись формулою (2), і визначають величину відносної транспірації (BT):

$$BT = T/E \quad (3)$$

Порівнюють отримані величини і роблять висновки про залежність інтенсивності транспірації і відносної транспірації від здатності рослини регулювати цей процес. Результати дослідів записують у таблицю.

Таблиця 5

Визначення інтенсивності транспірації

Варіант дослідів	Маса пробірки на початку дослідів, г	Маса пробірки в кінці дослідів, г	Зменшення в масі, г	Площа листка, см ²	Тривалість дослідів, год	Інтенсивність транспірації, г/м ² год
Розсіяне світло						
Темрява						

Таблиця 6

Визначення інтенсивності випаровування з вільної водної поверхні

Варіант дослідів	Маса чашки Петрі на початку дослідів, г	Маса чашки Петрі в кінці дослідів, г	Зменшення в масі, г	Площа чашки Петрі, см ²	Тривалість дослідів, год	Інтенсивність випаровування, г/м ² год
Розсіяне світло						
Темрява						

На основі отриманих результатів розраховують показники інтенсивності транспірації в різних умовах освітлення, визначають відносну транспірацію в різних умовах освітлення. Роблять відповідні висновки.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №10

Визначення інтенсивності транспірації у рослин різних екологічних груп

Мета: визначити та порівняти інтенсивність транспірації у представників різних груп рослин: гігрофітів, мезофітів і ксерофітів.

Матеріали і обладнання: двотижневі проростки пшениці або кукурудзи, листки рослин різних екологічних груп, ваги, ножиці.

Теоретичне обґрунтування

За здатністю пристосовувати водний обмін до коливань водопостачання розрізняють дві групи наземних рослин: пойкилогідричні і гомойогідричні.

Пойкілогідричні організми (бактерії, синьозелені водорості, нижчі зелені водорості, гриби, лишайники та інші) пристосувалися переносити значну нестачу води без втрати життєздатності.

Гомойогідричні рослини (наземні папоротеподібні, голонасінні, квіткові) становлять більшість мешканців суші. Вони володіють механізмами регуляції продихової транспірації, а також кореневою системою, що забезпечує доставку води. Тому навіть за значних змін вологості середовища у них не спостерігається різких коливань вмісту води в клітинах. У цих рослин гідростабільний тип водного режиму. Стабілізації водного режиму у багатьох видів рослин сприяють запаси води в коренях, стеблах і запасуючих органах. Гомойогідричні рослини поділяються на три екологічні групи:

- Гігрофіти (тонколисті папороті, деякі фіалки та інші), що виростають в умовах підвищеної вологості і недостатнього освітлення. Тіньовитривалі гігрофіти з майже завжди відкритими продихами, мають гідатоцистиди через які виділяють надлишок води в краплиннорідкому стані. Гігрофіти погано переносять ґрунтову і повітряну посуху.

- Мезофіти (листяні дерева, лісові і лугові трави, більшість

культурних рослин) живуть у середовищі з середнім рівнем забезпеченості водою і не мають чітко виражених пристосувань до надлишку або нестачі води.

- Ксерофіти живуть у місцях з жарким і сухим кліматом і пристосовані до перенесення атмосферної та ґрунтової посухи. В залежності від умов існування ксерофіти мають певні пристосування для уникнення негативного впливу посух.

В залежності від особливостей будови надземної частини процес випаровування води у різних рослин значно відрізняється.

Найбільш простий і в достатній мірі точний метод визначення транспірації запропонований Л.А. Івановим. Метод базується на визначенні зміни маси зрізаного листка за короткий (до 5 хвилин) проміжок часу, що дає змогу спостерігати транспірацію при тому стані насичення листка водою, в якому він перебував на інтактній рослині. При більш тривалій експозиції вміст води в листку зменшується, що відповідно зумовлює зменшення інтенсивності транспірації.

Хід роботи

Для дослідів використовують рослини різних екологічних груп. Швидко зрізують і зважують листки певного ярусу з 10 рослин. Вагу визначають за допомогою терезів, які дають можливість отримати показник не менший ніж до третього знаку після коми. Через 5 хв після зважування першого листка вдруге зважують всі листки в тій самій послідовності. Результати записують у таблицю 7.

Таблиця 7

Визначення інтенсивності транспірації у рослин різних екологічних груп.

Варіант дослід	Маса листка г	Повторність										Сумарна маса 10 листків, г	Втрага води 10 листками, г	Т, г/г маси за год.

Усі розрахунки виконують за сумарною масою 10 листків кожного варіанту.

На основі отриманих результатів розрахувати показники інтенсивності транспірації у різних рослин. Роблять відповідні висновки.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 11

Визначення водозатримної здатності рослин методом «в'янення»

Мета: визначити водозатримну здатність рослин, вирощених у різних умовах.

Матеріали і обладнання: рослини квасолі, пшениці та ін., які вирощували на піску без добрив (контрольні) і на піску з внесенням добрив (дослідні), розплавлений парафін, водяна баня, ножиці, ваги, штативи.

Теоретичне обґрунтування

У клітинах вода знаходиться у двох формах: вільна та зв'язана вода.

Межа між вільною і зв'язаною водою в живій рослинній клітині завжди умовна. Ці дві форми води знаходяться в стані постійного взаємообміну. Вільна і зв'язана вода клітини має різне біологічне значення. Вільна вода рухома, вона має практично всі фізико-хімічні властивості чистої води, добре проникає через клітинні мембрани. Існують спеціальні мембранні білки, що утворюють всередині мембрани канали, проникні для води (аквапорини). Вільна вода вступає в різні біохімічні реакції, випаровується в процесі транспірації, замерзає за низьких температур.

Зв'язана вода має змінені фізичні властивості головним чином як результат взаємодії з неводними компонентами. Вона не замерзає при зниженні температури до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Зв'язана вода в рослинах буває:



Від співвідношення різних форм води залежить здатність рослини утримувати та випаровувати воду в різних умовах.

Під водозатримною здатністю розуміють властивість рослин (клітин) утримувати воду при дії різноманітних водовіднімаючих сил. Зменшення проникності плазмалеми, посилення набрякання мітохондрій, хлоропластів, збільшення кількості зв'язаної води в клітинах сприяють збільшенню її водозатримної здатності.

Величину водозатримної здатності характеризують кількістю води, яка залишається в клітинах після дії відповідного водовіднімаючого фактора. Визначення цього показника за А. Арландом базується на врахуванні втрат води рослинами при їх підсиханні.

Хід роботи

За два тижні до початку лабораторної роботи закладають дослід із рослинами вівса (пшениці, жита, інші рослини). Проросле насіння поміщають у кювети з піском: 1 – варіант вологий пісок без добрив; 2 – варіант вологий пісок з внесенням розчину суміші елементів мінерального живлення. Склад суміші елементів мінерального живлення наведений у таблиці 8.

Таблиця 8

Склад суміші елементів мінерального живлення

Реактив	Кількість солі, г/л
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	2,5
KH_2PO_4	0,6
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,5

У кюветах підтримують умови оптимальні для росту та розвитку рослин. Через 2 тижні після закладання дослідів зрізують по 10 рослин кожного із двох варіантів і швидко занурюють місце зрізу в розплавлений парафін, щоб запобігти втратам води з рослин.

Зважують кожну рослину окремо і закріплюють рослини в штативах. Повторюють зважування кожної рослини через 20, 40, 60 хв. Зменшення маси рослин свідчить про втрату води у процесі випаровування за кожні 20 хв. Зведені дані записують у таблицю 9.

Розраховують втрату маси рослин у відсотках від початкової маси за послідовні інтервали в 20 хв. Отримані дані зображують графічно.

Спостереження за зміною маси рослин

Варіанти	Кількість рослин	Маса рослин, г	Кількість випаруваної води за кожні 20 хв, г			Втрата маси, % від початкової маси за кожні 20 хв.				
			через, хв							
			20	40	60	20	40	60		

На основі аналізу результатів роблять висновки про водозатримну здатність рослин, вирощених у різних умовах живлення.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №12 *Спостереження за рухом продохів*

Мета: прослідкувати дію факторів середовища на процес відкривання і закривання продохів.

Матеріали і обладнанн: мікроскопи, предметні й накривні скельця, леза, пінцети, препарувальні голки, скляні палички, фільтрувальний папір, 0,5% розчин гліцеролу, традесканція.

Теоретичне обґрунтування

Основним механізмом випаровування води рослиною є продихова транспірація. Продих – це отвір, обмежений двома замикаючими клітинами. Продихи складають в середньому 1-2% загальної площі листка.

Рослини мають здатність автономно регулювати транспірацію шляхом зміни ширини продихових щілин. Стан продихових щілин регулюється декількома самостійними механізмами.

- Гідроактивний механізм. У його основі лежить перетворення осмотично активних речовин у замикаючих клітинах продохів.
- Гідропасивний механізм полягає в обумовленості стану продихових щілин рівнем водонасиченості клітин епідерми.
- Фотоактивний механізм відкривання продохів полягає у зміні режиму освітлення.
- Термоактивний механізм пов'язаний із впливом температурина

стан продихів.

Кількість, величина, характер розташування продихів є особливістю рослинного організму. У різних видів рослин ці показники можуть бути різними. Крім того форма замикаючих клітин у представників родини Тонконогових інша ніж у дводольних рослин.

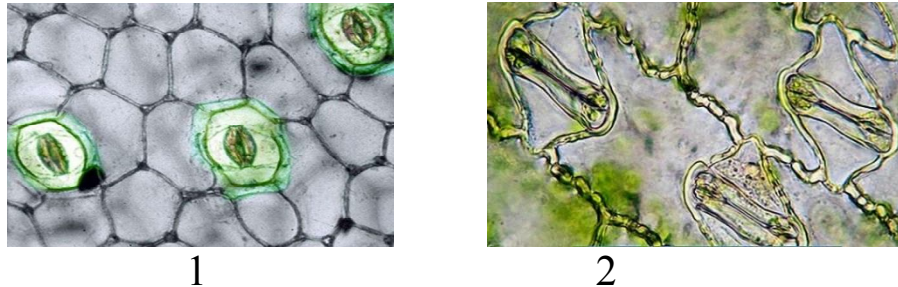


Рис.9. Будова продихів дводольних (1) та однодольних (2) рослин

Хід роботи

На початку роботи дослідні рослини добре поливають і ставлять на яскраве світло на 1-2 години, щоб відкрилися продихи. Потім лезом зрізають листок з нижнього боку, здирають пінцетом шматочок епідермісу і кладуть його в краплину 5% розчину гліцеролу на предметному склі. Готують препарат і розглядають під мікроскопом.

Спочатку під мікроскопом спостерігається явище плазмолізу в замикаючих клітинах продихів і в інших клітинах епідермісу. При цьому продихові щілини закриваються внаслідок відняття води від продихів. Проте гліцерин спричиняє лише тимчасовий плазмоліз, оскільки гліцерин проникає крізь цитоплазму в клітинний сік і зумовлює деплазмоліз, в результаті чого продихи відкриваються. Якщо при цьому смужкою фільтрувального паперу під накривне скельце втягувати дистильовану воду, то продихи відкриваються швидко і широко, що добре видно під мікроскопом.

В кінці роботи замальовують продихи у відкритому та закритому станах, роблять відповідні позначення та висновок

Контрольні питання до модуля II «Водний обмін рослин»

1. Механізм поглинання води рослинною клітиною.
2. Процес транспірації, його біологічне значення.
3. Будова і механізм функціонування продихів.
4. Особливості кореневої системи як органа поглинання води
5. Механізми поглинання води кореневою системою.
6. Рух води в рослинах. Двигун водного потоку.
7. Залежність транспірації від внутрішніх і зовнішніх факторів. Добовий хід транспірації. Показники транспірації.
8. Вплив зовнішніх факторів на водообмін рослин.
9. Водний дефіцит, вплив на хід біологічних процесів.
10. Посухостійкість рослин. Вплив на рослини надлишку води.

Приклади тестових завдань до модуля II «Водний обмін рослин»

1. Проявом кореневого тиску у рослин є:
 - а) плазмоліз;
 - б) плач рослин і гутація;
 - в) транспірація;
 - г) циторіз.

2. Закривання продихів у період розвитку водного дефіциту обумовлено збільшенням концентрації:
 - а) ауксину;
 - б) цитокініну;
 - в) абсцизової кислоти;
 - г) гібереліну.

3. Якщо клітина знаходиться в стані повної втрати тургору, а її осмотичний потенціал дорівнює – 0,5Мпа, то водний потенціал складає:
 - а) 1 Мпа;
 - б) 0,5 Мпа;
 - в) 0 Мпа;
 - г) 2 Мпа.

4. Здатність утворювати водневі зв'язки за рахунок дипольної структури води обумовлює явище:

- а) плазмолізу;
- б) деплазмолізу;
- в) когезії;
- г) коагуляції.

5. Показник, що відображає інтенсивність транспірації у вищих рослин:

- а) 0,2-0,9;
- б) 15- 250 г/м² годину;
- в) 15- 250 м;
- г) 90- 95%.

6. Асоціації молекул води утворюються за рахунок:

- а) йонних зв'язків;
- б) водневих зв'язків;
- в) гідрофобних зв'язків;
- г) пептидних зв'язків.

7. Сильне ущільнення або затоплення ґрунту уповільнює поглинання води внаслідок:

- а) зниження інтенсивності дихання;
- б) нестачі елементів мінерального живлення;
- в) зниження інтенсивності транспірації;
- г) зменшення доступної води.

8. За класифікацією Дж. Лофтфільда до I групи рослин, у яких продихи постійно залишаються відкритими, навіть вночі належать:

- а) горох, картопля;
- б) картопля, капуста;
- в) капуста, пшениця;
- г) пшениця, горох.

9. Частка кутикулярної транспірації в загальній втраті води листками у більшості дорослих рослин складає:

- а) менше 5%;
- б) 5-20%;
- в) близько 50%;

г) 80-90%.

10. Більшість сільськогосподарських рослин відносяться до:

- а) гігрофітів;
- б) ксерофітів;
- в) мезофітів;
- г) сукулентів.

11. Якщо водний потенціал клітини дорівнює нулю, у клітині спостерігається:

- а) повне насичення водою;
- б) водний дефіцит;
- в) плазмоліз;
- г) руйнування вакуолі.

12. Під час посухи внесення добрив:

- а) не впливає на стан рослин;
- б) пошкоджує рослини;
- в) допомагає перенесенню посухи;
- г) активує метаболізм рослин.

13. Основним органом транспірації рослин є:

- а) корінь;
- б) стебло;
- в) листок;
- г) квітка.

14. Величину кутикулярної транспірації визначає показник:

- а) вид рослини;
- б) вік органу;
- в) умови існування;
- г) все зазначене.

15. З холодного ґрунту рослини погано поглинають воду тому що:

- а) зменшується кількість доступної вологи;
- б) різко знижується транспірація;
- в) зменшується поглинальна діяльність коренів;
- г) порушується водний баланс рослини.

16. Показник продуктивності транспірації коливається у рослин:

- а) 500– 600 г води;
- б) 3–8 г води /10 кг сполуки;
- в) 3 – 8 г сухої сполуки/1000г води;
- г) 2 Мпа.

17. Частка продихової транспірації у більшості рослин складає:

- а) 20%;
- б) 50%;
- в) 100%;
- г) 80%.

18. У рослинній клітині вода виконує функції:

- а) амортизатор;
- б) терморегулятор;
- в) метаболіт;
- г) все зазначене.

19. Вода, що міститься у клітинних стінках та судинах провідної системи називається:

- а) осмотично зв'язаною;
- б) капілярно зв'язаною;
- в) колоїдно зв'язаною;
- г) все зазначене.

20. Вода, що виповнює порожнини у клітинних компартментах називається:

- а) конституційна;
- б) гідратаційна;
- в) інтерстиціальна;
- г) все зазначене.

21. Основним джерелом ґрунтової вологи для рослин є:

- а) гігроскопічна;
- б) гравітаційна;
- в) капілярна;
- г) сорбована.

22. Шлях транспортування води у рослинному організмі через цитоплазму по плазмодесмах називається:

- а) апопластичним;
- б) симпластичним;
- в) когезія;
- г) адгезія.

23. Найбільш активне поглинання води кореневою системою рослин відбувається за температури:

- а) +10-15°C;
- б) +15-20°C;
- в) +20-25°C;
- г) +25-40°C;

24. Явище гутації у рослин спостерігається за:

- а) високої вологості повітря;
- б) низької вологості повітря;
- в) не залежить від вологості повітря;
- г) відсутності листків.

25. Прилипання молекул води до стінок судин ксилеми називається:

- а) коагуляція;
- б) денатурація;
- в) когезія;
- г) адгезія.

26. Поглинання води клітинами насіння відбувається переважно за рахунок:

- а) осмосу;
- б) тургору;
- в) набухання;
- г) все зазначене.

27. Пересування води у клітину залежить від показника:

- а) водного потенціалу;
- б) осмотичного потенціалу;
- в) тургорного потенціалу;
- г) все зазначене.

28. Якщо до дистильованої води додати певну кількість осмотично

активних речовин то її водний потенціал буде:

- а) дорівнювати 0 ($= 0$);
- б) більше 0 (> 0);
- в) менше 0 (< 0);
- г) показник не зміниться;

29. Особливістю замикаючих клітин продихів є:

- а) нерівномірне потовщення клітинної оболонки;
- б) наявність хлоропластів;
- в) наявність вакуолі;
- г) все зазначене.

30. За лентикулярної транспірації вода випаровується через:

- а) сочевички;
- б) гідатоди;
- в) продихи;
- г) кутикулу.

31. Замикаючі клітини продихів злаків відрізняються від замикаючих клітин дводольних рослин:

- а) кількістю замикаючих клітин;
- б) формою замикаючих клітин;
- в) відсутністю хлоропластів;
- г) все зазначене.

33. Однією з ознак посухостійкості рослин є:

- а) розташування продихів на верхній частині листкової пластинки;
- б) розташування продихів на нижній частині листкової пластинки;
- в) велика кількість дрібних продихів;
- г) невелика кількість великих продихів.

34. Якщо у дощову погоду відбувається закривання продихів, спрацьовує механізм:

- а) гідроактивної реакції;
- б) гідропасивної реакції;
- в) фотоактивної реакції;
- г) все зазначене.

35. Оптимальним для коренів культурних рослин є ґрунтовий

розчин з осмотичним потенціалом:

- а) 1 – 2 бар;
- б) 7 – 8 бар;
- в) 10 – 12 бар ;
- г) 15 – 16 бар.

36. Фізіологічно сухими ґрунтами називають ґрунти, що:

- а) достатньо зволожені, але мають низьку температуру;
- б) достатньо зволожені, але мають високу температуру;
- в) містять достатню кількість капілярної вологи .
- г) містять достатню кількість гравітаційної вологи. .

ПЕРЕЛІК НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Біохімія рослин : навч. посіб. / М. С. Кобилецька, О. І Терек. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2017. 269 с.
2. Бобошко О. П., Антоненко С. В. Методичні рекомендації та лабораторний практикум “Фізіологія рослин”. Київ, 2019. 57 с.
3. Веденичкова Н. П., Кочаківська І. В. Цитокіни як регулятори онтогенезу рослин за різних умов існування. Київ : Наш формат, 2017. 200 с.
4. Горшкова Л. М., Коваль Л. В., Полякова А. С. Основи ботаніки і фізіології рослин : посібник для студ. закл. вищ. осв. Суми : ВВП “Мрія”, 2019. 406 с.
5. Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин : підручник для студ. вищ. навч. закл. Суми : ВТД “Університетська книга”, 2004. 464 с.
6. Практикум з фізіології рослин : навчальний посібник / Т.Г. Самойленко, М.О. Самойленко, О.Ф. Рожок. Миколаїв : МНАУ, 2013. 431 с.
7. Практикум з фізіології рослин : навчальний посібник / Федорчук М.І., Федорчук В.Г., Коваленко О.А., Ткачова Є.С., Рожок О.Ф. Миколаїв : МНАУ, 2020. 200 с.
8. Скляр В. Г. Екологічна фізіологія рослин : підручник / за ред. Ю. А. Злобіна. Суми : Університетська книга, 2015. 271 с.
9. Тарнопільська О. М. Фізіологія рослин. Конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 159 с.
10. Фізіологія рослин : підручник / Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. И., Мельников М. М. Вінниця : Нова Книга, 2006. 416 с.
11. Фізіологія рослин : досягнення та нові напрямки розвитку / Ін-т фізіології рослин і генетики НАН України, Укр. т-во фізіологів рослин // за ред. В. В. Моргун. Київ : Логос, 2017. 671 с.
12. Фізіологія та біохімія рослин : малий практикум : навч. - метод. посіб. / О. О Авксентьева та ін. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2018. 151 с.
13. Український біологічний сайт / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.biology.org.ua/>

Навчальне видання

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

Методичні рекомендації

Укладачі: **Федорчук Михайло Іванович**
Рожок Ольга Федосіївна

Формат 60×84 1/16 Ум. друк. арк. 2,9
Тираж 50. Зам. №__

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.