

Міністерство освіти і науки України Національний
університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут агроекології та
землеустрою
Кафедра агрохімії, ґрунтознавства та землеробства

05-01-272М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних занять та самостійної роботи із освітньої
компоненти «Фізіологія рослин» для здобувачів вищої освіти
першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною
програмою «Агрономія» спеціальності 201
«Агрономія» денної (з елементами дуальної освіти) та
заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою
з якості ННІАЗ
Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до лабораторних занять та самостійної роботи із освітньої компоненти «Фізіологія рослин» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Агрономія» спеціальності 201 «Агрономія» денної (з елементами дуальної освіти) та заочної форм навчання [Електронне видання] / Веремеєнко С. І., Колесник Т. М., Солодка Т. М. – Рівне : НУВГП, 2023. – 31 с.

Укладачі: Веремеєнко С. І., д.с.-г.н, професор кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства; Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства; Солодка Т.М., к.с.-г.н., доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства.

Відповідальний за випуск: Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, завідувач кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства.

Керівник групи забезпечення: Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, завідувач кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства.

© С. І. Веремеєнко,
Т. М. Колесник,
Т. М. Солодка, 2023
© НУВГП, 2023

ЗМІСТ

1. Загальні положення.....	4
2. Рекомендації до виконання практичних завдань.....	5
3. Рекомендації для виконання самостійної роботи.....	29
4. Рекомендована література	31

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Фізіологія рослин є предметом, який вивчає головні життєві функції рослинного організму на різних рівнях їх організації, також вивчає закономірності життя рослин та шляхи керування ними з метою оптимізації продуктивності культурних рослин.

Метою фізіології рослин є пізнання закономірностей життєвих функцій рослин, розкриття їх механізмів, формування уявлення про структурно функціональну організацію рослинних систем різних рівнів та вироблення шляхів керування рослинним організмом.

Предметом фізіології рослин є функції живих рослинних організмів, їх органів, тканин, клітин та клітинних компонентів, а також причини тих або інших проявів їхньої життєдіяльності, їх залежність від зовнішніх і внутрішніх чинників.

Методологія фізіології рослин заснована на уявленнях про рослинний організм як складну саморегулюючу систему, яка включає ієрархію різних структурних рівнів — від субклітинних, тобто макромолекул до цілісної рослини. Пізнання фізіологічних функцій здійснюється через дослідження простих рівнів організації, з наступною інтеграцією даних при розгляді фізіологічних систем зростаючої складності.

Виняткова специфічність хімічного складу, морфологічної будови, тісний взаємозв'язок структури і функції, залежність процесів обміну речовин від стану структур, динамічність останніх – такі специфічні властивості об'єкта досліджень фізіології рослин.

Проблеми та завдання фізіології рослин настільки широкі та складні, що вирішення їх потребує застосування цілого комплексу тонких фізико-хімічних методів, різноманітних експериментальних та теоретичних підходів. Саме тому ця дисципліна входить у ранг точних фундаментальних наук.

2.Рекомендації до виконання лабораторних завдань

Лабораторна робота № 1

Тема. Вплив деяких факторів на швидкість руху цитоплазми в клітинах.

Мета. Виявити рух цитоплазми в рослинній клітині, визначити швидкість його і встановити вплив на цей процес деяких факторів.

Завдання:

1. Студенти, готуючись до заняття, повинні самостійно детально вивчити та записати основні впливи деяких факторів на швидкість руху цитоплазми в клітинах.

2. На лабораторному занятті студенти проводять оцінку руху цитоплазми.

Матеріали і обладнання: гілочки елодеї або листки валіснерії; 5·10- 3 М розчин АТФ, 5·10-4 М розчин 2,4-динітрофенолу; мікроскопи з окуляр-мікрометрами, предметне скло й накривні скельця, термостат, хімічні склянки місткістю 100 мл.

Основні поняття:

Рух цитоплазми - поширене і цікаве явище, яке легко виявити в життєдіяльних клітинах. Біологічне значення цього явища полягає в тому, що здійснюється перенесення речовин з однієї частини клітини до іншої, забезпечується їх поглинання й виділення, відбувається внутрішньоклітинне переміщення органел тощо. При цьому топографія органел і їх просторове положення у клітинах, яке зумовлене рухом цитоплазми, визначають і створюють найоптимальніші умови їхнього функціонування. Швидкість та характер руху цитоплазми залежать від впливу багатьох зовнішніх і внутрішніх факторів. Доведено, зокрема, що 10 різних хімічних речовин у фізіологічно діючих концентраціях прискорюють або пригнічують рух цитоплазми. Цей процес залежить від температури, рН, ступеня обводненості клітин тощо.

Джерелом енергії для руху цитоплазми є, як і для більшості інших фізіологічних процесів, аденозинтрифосфат (АТФ). Оскільки рушійна сила виникає

в основній масі цитоплазми, де відбувається *гліколіз*, то цей процес є постачальником хімічної енергії, яка перетворюється на механічну.

Різні інгібітори і роз'єднувачі дихання (олігоміцин, 2,4-динітрофенол) гальмують швидкість руху цитоплазми, що свідчить про енергозалежність цього процесу. Рух цитоплазми - найдостовірніший показник життєдіяльності рослинної клітини.

Хід роботи.

Дослід 1.

1. З верхівки пагону елодеї пінцетом відірвати листочок або відрізати частину молодого листка валіснерії та перенести у краплину акваріумної води на предметному склі.

2. За 5.10 хв., коли встановиться стаціонарний рівень руху цитоплазми, об'єкти розглянути за середнього збільшення та вибрати ділянку препарату, де найкраще спостерігати за її рухом (за зміною положення в клітинах хлоропластів).

Примітка. У елодеї такою зоною є видовжені клітини поблизу центральної жилки або клітини зубчиків по краю листка. Розміщують препарат на столику так, щоб довга вісь клітини була паралельна шкалі окуляр-мікрометра.

3. Поставити об'єктив х40 і визначити швидкість руху хлоропластів, вимірюючи шлях, на який переміщується органела за одиницю часу в полі зору мікроскопа.

Примітка. Для більшої точності вимірів вимірюючи шлях, на який переміщується органела за одиницю часу в полі зору мікроскопа. Для більшої точності вимірів бажано взяти довший відрізок шляху (наприклад, 10.15 поділок окулярмікрометра). Швидкість руху визначити для п'яти пластид у п'яти клітинах (для статистичної обробки).

Дослід 2.

1. З одного боку накривного скельця нанести

краплину $5 \cdot 10^{-4}$ М розчину АТФ і одночасно відтягнути фільтрувальним папером воду з-під нього з другого боку. За 3.5 хв. після заміщення води на розчин АТФ повторити визначення швидкості руху хлоропластів.

2. Розчин АТФ під накривним скельцем замінити на $5 \cdot 10^{-4}$ М розчин 2,4-динітрофенолу (ДНФ) і через 3.5 хв. знову визначити швидкість руху хлоропластів.

Примітка. У цьому варіанті досліду будуть вже інші результати.

3. Дані, отримані при визначенні швидкості руху цитоплазми за швидкістю переміщення в ній хлоропластів, записати у таблицю .

Таблиця 1.

Вплив АТФ та 2,4-динітрофенолу (ДНФ) на швидкість руху цитоплазми клітин елодеї

Варіант досліду	Швидкість руху, мкм/с
H ₂ O, 20 °С $5 \cdot 10^{-3}$ М АТФ $5 \cdot 10^{-4}$ М ДНФ	

Примітка. За бажанням можна збільшити кількість варіантів досліду, використовуючи розчини солей важких металів або токсичних для гідробіонтів органічних сполук (детергентів, пестицидів, поверхнево-активних речовин та ін.).

Контрольні питання

1. Як визначити швидкість руху цитоплазми в клітинах, що не мають хлоропластів?

2. Як зміниться рух цитоплазми у разі підвищення температури

навколишнього середовища до 30 °С?

3. Яка залежність між швидкістю руху та в'язкістю цитоплазми?

Рекомендована література [1,2,4,5]

Лабораторна робота №2

Тема. Плазмоліз і деплазмоліз в рослинних клітинах.

Мета. Ознайомитись з явищем плазмолізу та деплазмолізу, ознайомитись з механізмом надходження води в клітину.

Завдання:

Ознайомитись з явищем плазмолізу та деплазмолізу. Оцінити осмотичний тиск клітинного соку. Результати оцінки симптомів занести в таблицю

Матеріали та обладнання: синя цибуля, традесканція, 1 М розчин NaCl або сахарози, дистильована вода, піпетки, пробірки в штативах, леза, препарувальні голки, мікроскопи, предметні стекла, покривні скельця, фільтрувальний папір..

Основні поняття: Плазмоліз — це відокремлення протопласта від оболонки рослинної клітини. Явище протилежне тургору та деплазмолізу. Причиною плазмолізу є зменшення об'єму вакуолі через втрату внутрішньоклітинної води, під дією гіпертонічних розчинів або плазмолітиків: сахарози, KNO_3 , NaCl, KCl, $Ca(NO_3)_2$, концентрація яких більша, ніж вакуолярного соку клітини. Плазмоліз можливий лише в життєздатній та функціонально-цілісній клітині. Процес повернення клітини до нормального осмотичного стану (тургору) у гіпотонічному розчині називається деплазмолізом. Осмотичний тиск — це тиск розчину на напівпроникну перетинку, яка відокремлює його від розчинника (води), або від розчину з меншою концентрацією. Осмотичний тиск тим вищий, чим більш концентрований розчин. Проявом осмотичних властивостей рослинних клітин є явище плазмолізу. Тобто, внаслідок дії плазмолітиків на клітину більш концентрований розчин відбирає воду від вакуолі, зменшуючи її об'єм і шар цитоплазми, що був притиснутий вакуолею до оболонки, відстає від останньої. При деплазмолізі кількість води в клітині поступово збільшується, об'єм вакуолі зростає, клітинний сік тисне на цитоплазму і притискає її до клітинної оболонки. Клітинна

оболонка розтягується під впливом внутрішнього тиску і клітина переходить в стан тургору. Таким чином, за допомогою плазмолітичного методу ми можемо визначити величину осмотичного потенціалу клітини і відповідно концентрацію клітинного соку, який являє собою розчин мінеральних і органічних речовин. Плазмолітичний метод визначення осмотичного тиску клітинного соку полягає в тому, що підготовлені об'єкти занурюють в розчини різних концентрацій і досліджують їх під мікроскопом для виявлення ізотонічного розчину

Хід роботи

1. Приготувати по 5 мл розчинів NaCl або сахарози з концентрацією від 0,1 до 0,7 моль/л змішуванням відповідних об'ємів вихідного 1 М розчину і води згідно таблиці і помістити в пронумеровані пробірки.

2. Зробити 12 тонких зрізів епідерми цибулі або традесканції і перенести їх на 2-3 хв. у кип'ячену воду з $t = 10-15^{\circ}\text{C}$ для видалення бульбашок повітря. Слідкувати, щоб зрізи повністю були занурені у воду.

3. Зафіксувати в таблиці час досліду з інтервалом у 5 хв. За допомогою препарувальної голки обсушити на фільтрувальному папері по 2 зрізи (для кожної пробірки) і на 20 хв. занурити їх у розчин від найвищої концентрації до нижчої.

4. Через 20-30 хв. досліджувані препарати розглянути під мікроскопом в краплині з тією концентрацією плазмолітика, в якій знаходився препарат.

5. Необхідно встановити, при якій концентрації плазмолітика починається плазмоліз, а при якій ні. Результати спостережень записати у таблицю (у графі "плазмоліз" + або -).

6. Якщо спостерігається плазмоліз, можна зробити висновок, що зовнішній розчин гіпертонічний, тобто має вищу концентрацію, ніж клітинний сік. Концентрація

ізотонічного розчину рівна концентрації клітинного соку, гіпотонічного — нижча.

7. Визначивши ізотонічну концентрацію, вираховують осмотичний тиск клітинного соку за рівнянням Вант-Гоффа: $P = RTCi$, де P — осмотичний тиск в мегапаскалях, МПа; R — універсальна газова стала, 0,0083 кДж/Дград. моль); T - абсолютна температура $273^{\circ} + t^{\circ}$; C — ізотонічна концентрація, моль/л; i — ізотонічний коефіцієнт (для NaCl значення в таблиці, а для розчинів неелектролітів $i = 1$).

8. Результати досліджень занести в таблицю.

Контрольні запитання.

1. При якій концентрації плазмолітика помітно початкову стадію плазмолізу? Як визначити початок плазмолізу?

2. Склад клітинного соку клітини.

3. Чому розчини електролітів у порівнянні з неелектролітами мають більший осмотичний тиск?

4. Які фактори можуть впливати на проникність мембран?

5. Які розчини плазмолітиків Ви знаєте?

6. Чому під час тривалих дощів плоди абрикосу, сливи, вишні розтріскуються?

Рекомендована література [1,2,4,5]

Лабораторна робота №3

Тема. Виявлення дегідрогеназ в різних тканих рослин.

Мета. Оволодіти методом визначення дегідрогеназної активності різних тканин рослин.

Завдання: Дослідити дію дегідрогеназ в різних тканинах рослин, а також визначити активність дегідрогеназ.

Матеріали та обладнання: проросле насіння гороху, 50 мг/л розчину метиленового синього, водяна баня з термометром, дистильована вода, піпетки, колби на 100-150 мг, леза, препарувальні голки, мікроскопи, предметні стекла, покривні

скельця, фільтрувальний папір.

Основні поняття Окиснення дихальних субстратів відбувається за участю ферментів. Вони називаються оксидоредуктазами, тому що окиснення однієї речовини (донора електронів і протонів) пов'язане з відновленням іншої речовини (акцептора). Розрізняють дві основні групи ферментів, що беруть участь у процесі розкладання органічних сполук під час дихання:

- а) дегідрогенази;
- б) оксидази.

Анаеробні або піридинові дегідрогенази. Це двокомпонентні ферменти, коферментом яких є НАД або НАДФ. Вони передають електрони різним акцепторам, але не кисню, і віднімають два протони від субстрату. Один протон приєднується до коферменту, а інший виділяється в середовище. Таким чином іде відновлення коферментів і руйнування субстратів дихання. Залежно від білкової частини та специфічності субстрату розрізняють більше ніж 150 ферментів цієї групи. До таких ферментів, наприклад, відносяться алкогольдегідрогеназа, лактатдегідрогеназа, малатдегідрогеназа, 6- фосфоглюконатдегідрогеназа. Аеробні або флавінові дегідрогенази. Вони каталізують відщеплення двох протонів від субстратів і передають електрони від анаеробних дегідрогеназ різним акцепторам (хінони, + малатдегідроген H^+H^+ Яблучна кислота + Щавлевооцтова кислота + $1/2 O_2 \rightarrow 2 H_2O$ цитохроми), в тому числі й кисню. Простетичною групою є похідні вітаміну B2 – флавінаденіндинуклеотид флавінмононуклеотид.

Група ферментів активаторів кисню досить чисельна. Однак основну роль у цій групі відіграють ферменти, до складу яких входять атоми феруму. Це двокомпонентні системи простетичними групами яких є ферумпорфір ментами цієї групи є каталаза. Особливу функцію в процесі дихання виконують ферменти, які розкладають пероксид

гідрогену, що утворюється під час дихання як результат дії деяких оксидаз.

Хід роботи.

Оголити від шкірки 10-12 насінин, що проклюнулись, та розділити на сім'ядолі. Половину матеріалу помістити в колбу з водою і кип'ятити 3 хв. При цьому руйнується ферментні системи. Матеріал що кип'ятили та свіжий перенести окремо в 2 пробірки і залити розчином метиленового синього. Через 5-10 хв, коли сім'ядолі інтенсивно забарвляться, злити розчин фарби, промити і потім залити зразки дистильованою водою і закрити корками. Пробірки з нанесеними мітками, щоб можна було їх розрізнити ставлять в термостат або на водяну баню при температурі 25-30°C.

Відмітити знебарвлення сім'ядолею в одній з пробірок, після чого сім'ядолі висипати в чашки Петрі або порцелянову(без води), залишити на повітрі і спостерігати відновлення забарвлення.

Описати результати і зробити висновки.

Контрольні запитання:

1. Основні характеристики дегідрогеназ.
 2. Вплив факторів на активність дегідрогеназ.
 3. Активність дегідрогеназ в різних тканинах рослин
- Рекомендована література [1,2,4,5,8,9]

Лабораторна робота №4

Тема. Визначення інтенсивності транспірації ваговим методом.

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

Завдання:

Визначити інтенсивність транспірації. Провести моніторинг інтенсивності транспірації. Запишіть свої спостереження та результати аналізу.

Матеріали та обладнання: дослідні рослини; олія; технічні ваги з наважками, чашки Петрі, звичайний і міліметровий папір, лінійки, вентилятор, ножиці. .

Основні поняття:

Транспірація — це фізіологічний процес випаровування води рослиною. Органом транспірації у рослин є листок. Транспірація відіграє провідну роль у надходженні і пересуванні води і розчинених поживних речовин. Випаровування – це фізичний процес, при якому вода з рідкого стану переходить у газоподібний, втрачаючи при цьому значну кількість енергії, тому температура листка, що інтенсивно транспірує на 4-6 градусів нижча за температуру середовища. Оскільки у рослин досить часто епідерміс вкритий кутикулою, то водяна пара виходить крізь продихи — пори в епідермісі, крізь які відбувається газообмін.

Продих — це вузький міжклітинний отвір (щілина), обмежений двома замикаючими клітинами. Продихи є майже в усіх наземних органах рослин, але більше їх у листках. Залежно від виду рослин кількість продихових отворів коливається від 10 до 600 на 1 мм² листка. У багатьох рослин (75 % видів), у тому числі більшості деревних порід, продихи розташовані на нижній стороні листка. Діаметр продихової щілини становить 3...12 мкм. Завдяки продихам здійснюється зв'язок між зовнішнім середовищем і міжклітинним простором рослини (гази обмін і транспірація). З поверхні продихів, площа яких становить 1% листової поверхні, випаровується 50- 80% тієї кількості води, яка може випаруватися з відкритої водної поверхні однакової з листком площі.

Транспірація буває продихова (крізь продихи), кутикулярна (крізь кутикулу) і лентикулярна (крізь сочевички). Продихова транспірація зазвичай є основною, але у рослин різних екологічних груп значення обох видів транспірації неоднаково ве і залежить від умов навколишнього середовища. Загальна площа продихів коливається від 1 до 2 % всієї листової поверхні. Від інших

клітин епідермісу листка замикаючі клітини продихового апарату відрізняються тим, що в них є хлорофіл. Крім того, їхні оболонки по периметру потовщені неоднаково зовнішні тоненькі, а ті, що оточують продихову щілину, — потоншені. Неоднакова товщина клітинних оболонок зумовлює зміну об'єму та форми замикаючих клітин, що зумовлює відкривання і закривання продихів. каналів, що виводять аніони.

Кутикулярна транспірація здійснюється крізь поверхню кутикули, що вкриває епідерміс листка. Вона, як правило, значно менша за продихову.

В умовах посухи восковий наліт кутикули стає кристалоподібним, пори закриваються і кутикулярне випаровування припиняється. Природно, що молоді рослини особливо чутливі до водопостачання та легко засихають.

Лентикулярна транспірація відбувається за участю сочевичок — сукупності нещільно розташованих клітин перидерми, що випинаються на поверхню у вигляді горбочків, рисочок, крізь які і здійснюється газообмін у багаторічних стебел і коренів. Рослина здатна регулювати інтенсивності транспірації. Закриваючи продихи, рослина знижує транспірацію і одночасно підвищує температуру тіла. Однак у разі, коли продихи закриті, рослина не може засвоювати для живлення вуглекислий газ повітря. Тому продиховий апарат рослин відповідним чином реагує на зміну умов довкілля, то замикаючи, то розмикаючи продихову щілину. Транспірація зумовлює пересування по рослині величезної кількості води і має пристосувальне значення, що тісно пов'язане не лише з водообміном, а і з іншими метаболічними процесами, зокрема фотосинтезом, диханням, мінеральним живленням. Тому в разі дослідження водного режиму різних рослин надзвичайно

важливе значення має вивчення таких величин транспірації, як її інтенсивність, транспіраційний коефіцієнт, продуктивність транспірації тощо.

Інтенсивність транспірації — це величина, що показує, яку кількість води в грамах випаровує рослина за одну годину конкретною поверхнею 1 листка. Ця величина коливається в межах 0,15...1,47 г на 1 дм² за 1 год.

Транспіраційний коефіцієнт — це кількість води в грамах, яку випаровує рослина для накопичення одиниці сухої речовини. Для різних видів рослин його величина становить від 125 до 1000, а найчастіше близько 300. Цей показник залежить від умов середовища і є показником потреби рослин щодо вологи. Наприклад, для рослин пшениці він може бути в межах від 220 до 750 одиниць

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 випаруваної води. 3. Отримати величину інтенсивності транспірації, поділивши кількість випаруваної 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 м⁻² · год⁻¹) за формулою: $T = \frac{C}{S \cdot t}$ де C – кількість випаруваної

листочком води за 1 год, г; t - тривалість досліду, год; S – площа листка, см². Паралельно, за тих самих умов, визначити інтенсивність випаровування води з вільної водної поверхні (E). Для цього встановити кількість випаруваної 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 (VT): $VT = T/E$. Примітка. У досліді 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 таблицю
Контрольні запитання.

1. Що таке транспірація рослин?
2. Яке значення транспірації для рослин?
3. Що таке відносна транспірація?
4. Від яких факторів середовища залежить інтенсивність транспірації?

Рекомендована література [1,2,4,5,8,9]

Лабораторна робота №5

Тема. Розподіл пігментів за Краусом

Мета вивчити будову різних пігментів вищих рослин, виділити пігменти з листка.

Завдання:

Впевнитись в різній розчинності пігментів в спирті та бензині. Розподілити хлорофіли і каротин від ксентофілу. Запишіть свої спостереження та результати аналізу.

Матеріали та обладнання: фарфорові ступки, етиловий спирт, фільтрувальний папір, пробірки, лійки, штатив, зелені листки різних рослин.

Основні поняття:

У природі трапляються п'ять різних типів хлорофілу, які

незначно відрізняються за своєю молекулярною структурою. Хлорофіл а присутній у всіх водоростей і вищих рослин; хлорофіл b – у зелених, харових, евгленових водоростей і у вищих рослин; хлорофіл c – у бурих водоростей, золотистих, діатомей і дінофлагелят; хлорофіл d – у червоних водоростей; нарешті, є різні види бактеріохлорофілу – в фотосинтезуючих бактерій. Для синьо-зелених і червоних водоростей характерна наявність біліпротеїнів: фікоціаніну та фікоеритрину. Найкраще вивчений хлорофіл а. Його молекула складається з чотирьох пірольних кілець, з нітрогеном яких пов'язаний атом магнію, а до одного з кілець приєднаний одноатомний ненасичений спирт фітол. Пігменти рослин забезпечують поглинання квантів світла, тому що вони фотоактивні речовини. Фотоактивність пігментів забезпечується особливостями їх будови. Здатність до процесів поглинання світла пояснюється наявністю в молекулі хлорофілу подвійних зв'язків із рухливими π - електронами та атомів нітрогену з неподіленими електронами. Більшість рослин, що виділяють кисень, містять два різних хлорофіли, одним з яких завжди є хлорофіл а; іншим – у різних рослин є різні хлорофіли (b, c, d); у деяких випадках замість другого хлорофілу в клітині містяться біліпротеїни. Додатковими рецепторами світлової енергії, що також входять до складу фотосинтетичних мембран, є жовті та червоні пігменти – каротиноїди. Вони відрізняються від хлорофілу за положенням максимумів поглинання видимої частини спектра. Припускають також, що каротиноїди виконують захисну функцію, запобігають розпаду хлорофілу під дією молекулярного кисню. Таким чином у клітинах рослин фотосинтезуючі пігменти поділяються: а) основні: хлорофіли а, b, c1, c2, d; б) додаткові: каротиноїди, фікобіліни. Іноді в рослинах трапляються також каротиноїдні кислоти (сполуки, що виникають при руйнуванні каротиноїдів). Разом з іншими пігментами вони забезпечують поглинання енергії квантів світла за рахунок складних фізичних процесів, що здійснюються в фотосинтетичних структурах рослин.

Хід роботи

В основі методу лежать хімічні властивості пігментів по-різному розчиняєтьс я у спирті і бензині. Вказані

розчинники при зливанні не змішуються і утворюють дві фази верхню – бензинову і нижню – спиртову. Завдяки цьому відбувається розподіл компонентів суміші. У пробірку наливають 2-3 мл спиртової витяжки, додають рівний об'єм бензину і 2-3 краплі води. Потім вміст пробірок різко перемішують і залишають для відстоювання. Ставлять пробірку в штатив і спостерігають за розшаруванням емульсії. В міру розшарування, верхній бензинов забарвлюється в зелений колір завдяки кращій розчинності в ньому хлорофілу. В цьому шарі міститься каротин, але його забарвлення маскується хлорофілом так само як і в зеленому листку. У нижньому спиртовому шарі залишається ксантофіл, а тому цей шар матиме золотисто-жовте забарвлення. Якщо нижній шар помутніє (від надлишку води), то необхідно додати кілька крапель спирту, знову інтенсивно перемішати і залишити до розшарування емульсії. ий шар Роблять рисунок розподілу пігментів і висновки про здатність до розчину пігментів у різних органічних розчинниках.

Контрольні запитання:

1. Основні пігменти рослин.
2. Характеристика властивостей пігментів
3. Вплив зовнішніх факторів на діяльність пігментів

рослин

Рекомендована література [1,2,4,5,8]

Лабораторна робота №6

Тема. Визначення інтенсивності дихання рослин за кількістю виділеної вуглекислоти

Мета визначити інтенсивність дихання пророслого та непророслого насіння пшениці.

Завдання: визначити дихання рослин, оцінити інтенсивність, запишіть свої спостереження та результати аналізу.

Матеріали та обладнання: ваги, конічні колби місткістю

0,5 л, гумові пробки з гачками, марля, 0,1 н розчин бариту, 0,1 н розчин щавлевої кислоти, фенолфталеїн, проросле і сухе насіння..

Основні поняття:

Інтенсивність дихання рослин у різні періоди їх розвитку неоднакова. Особливо енергійно дихає проростаюче насіння. З прискоренням процесів росту та розвитку зростає інтенсивність дихання, тому молоді рослини дихають активніше, ніж дорослі. Взимку у рослин цей процес знижується до мінімального рівня. Іноді складаються несприятливі умови для дихання рослин, у результаті настає кисневе голодування, що викликає ослаблення, захворювання і загибель рослин. Дихання супроводжується значним виділенням тепла. Особливо енергійно виділяється тепло при диханні грибів і бактерій. На цій властивості ґрунтується використання гною в парниках як біопалива. У деяких рослин у процесі дихання температура підвищується на кілька градусів відносно температури навколишнього повітря. Тому необхідно постійно забезпечувати рослини свіжим повітрям, багатим на кисень. Особливо це важливо при проростанні насіння, появі сходів, укоріненні живців, під час цвітіння рослин. Інтенсивність дихання визначається: за кількістю O_2 , що поглинається в процесі дихання; за кількістю органічної речовини, що витрачається в процесі дихання; за кількістю CO_2 , що утворюється в процесі дихання. Інтенсивність дихання необхідно визначати в темряві, коли об'єкт дослідження здатний до фотосинтезу. Якщо об'єкт досліджень гетеротрофний організм, інтенсивність дихання не залежить від світла. При проростанні насіння інтенсивність дихання може зростати в сто разів порівняно з сухим насінням. Цей факт слід враховувати при зберіганні насіння, тому що дихання приводить до втрати органічної речовини і погіршення якості насіння.

Хід роботи

Дві наважки пророслого і сухого насіння по 4 г висипають у марлеві мішечки і закріплюють на гачках гумових пробок. У кожену колбу обережно наливають по 10 мл 0,1 н розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$, колби щільно закривають пробками (у пробку закріплюють трубку з натронним вапном). У контрольну колбу наливають 10 мл бариту, але наважки насіння не поміщають. Усі колби витримують 1 годину за кімнатної температури. 32 Насіння, що є у колбі, за рахунок процесу дихання виділяє вуглекислий газ. CO_2 вступає у взаємодію з $\text{Ba}(\text{OH})_2$, і відбувається відповідна хімічна реакція: $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ Протягом досліду колби злегка струшують, руйнуючи на поверхні плівку з BaCO_3 . Потім мішечки з колб швидко виймають, додають у колби краплю фенолфталеїну, закривають пробками з бюретками і відтитровують залишок бариту 0,1 н розчином щавлевої кислоти до зникнення рожевого забарвлення. Реакція відбувається згідно з рівнянням: $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{BaC}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ Інтенсивність дихання визначають за формулою: $I = (a - b) \cdot K \cdot 2,2/n \cdot t$, де: I – інтенсивність дихання насіння, мг CO_2 г/год; a – кількість мл 0,1 н розчину щавлевої кислоти, витраченої на титрування в контрольному варіанті; b – кількість мл 0,1 н розчину щавлевої кислоти, витраченої на титрування в дослідному варіанті; K – поправка до титру розчину $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$; n – наважка насіння; t – тривалість досліду, год; 2,2 – кількість мг CO_2 , що еквівалентна 1 мл 0,1н розчину щавлевої кислоти. Результати досліду записують у таблицю (табл. 4.1.3). Таблиця 4.1.3 Інтенсивність дихання насіння пшениці

Об'єкт	Варіант досліду	Маса проби, г	Тривалість досліду, год	Витрачено на титрування $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, мл	Інтенсивність дихання, мг CO_2 /г • год
--------	-----------------	---------------	-------------------------	---	--

На основі отриманих даних роблять висновок про інтенсивність дихання сухого насіння та під час проростання

Контрольні запитання:

1. Залежність інтенсивності дихання рослин від періоду розвитку.
2. Процес дихання рослин
3. Суть методу визначення інтенсивності дихання рослин за кількістю виділеної вуглекислоти

Рекомендована література [1,2,4,5,9]

Лабораторна робота №7

Тема. Визначення жаростійкості рослин

Мета Визначити рівень жаростійкості різних культур

Завдання:

Визначити вплив високих температур різних культур. Запишіть свої спостереження та результати аналізу.

Матеріали та обладнання: зелені листки різних рослин, водяна баня, термометри, 0,2 н розчин соляної кислоти, піпетки, чашки Петрі, кристалізатори, чайник з кип'яченою водою, склографи..

Основні поняття:

Жаростійкість - це здатність рослин витримувати дію високих температур. За цією ознакою рослини можна умовно поділити на 3 групи: 1) головним чином нижчі рослини (термофільні бактерії, синьо-зелені водорості), що переносять без ушкоджень температуру 75-90°C; 2) жаровитривалі рослини посушливих зон (сукуленти, що витримують температуру до 60°C і ксерофіти -до 54°C); 3) нежаростійкі - мезофітні і водні рослини, що витримують температуру до 40°C. Рослини, що ростуть на сухих, світлих, добре прогрітих місцях, більш стійкі до високих температур, ніж тіньовитривалі. Жаростійкість значною мірою залежить від абсолютних значень температури і тривалості її дії.

Короткочасний вплив надто високих температур (43-45°) може бути таким же згубним, як і тривала дія дещо нижчих, які перевищують оптимальне значення. Під впливом високої температури повітря зменшується площа листків та їх фотосинтетична активність. Практично всі генеративні клітини зазнають структурних змін, втрачають активність і здатність до

поділу. За високих температур пилок стає стерильним, гальмується проростання фертильних пилових зерен на приймочці. Це є однією з причин зниження врожаю пшениці. Під час спеки при достатньо високій вологості повітря регуляція температури листків рослин шляхом транспірації обмежена. За таких умов перевищення оптимального температурного рівня призводить до часткової або повної денатурації білків, що викликає ушкодження білково-ліпідних комплексів мембран. У результаті цього відбувається дезорганізація багатьох фізіологічних процесів.

Підвищення температури особливо небезпечно при інтенсивній інсоляції. У рослин існує ряд адаптивних пристосувань для захисту від теплових ушкоджень, зокрема такі, як транспірація, вертикальне орієнтування листків, фототаксис хлоропластів, більш світле забарвлення листової поверхні, захисні шари кіркової тканини, шар кутикули, висока концентрація вуглеводів у цитоплазмі і деякі ін. У польових умовах на ступінь ушкодження рослин високою температурою має вплив комплекс факторів середовища, у тому числі нестача вологи у гранті. Найбільш чутливими ланками є реакції Хілла і фосфорилування.

Хід роботи

Нагріти водянну баню до 40 °С, занурити в неї по 5 листків кожного виду рослин і витримати протягом 30 хв (при постійній температурі 40 °С). Витягнути по одному листку кожного виду рослин, помістити їх в чашку Петрі з холодною водою. Підняти температуру до 50 °С і через 10 хв витягнути і промити в другій чашці Петрі холодною водою. Поступово довести температуру до 80 °С, відбираючи проби через кожні 10 хв при підвищенні температури на 10 °С

Воду в чашках Петрі замінити на 0,2н НСІ і оцінити пошкодження листків за величиною бурих плям. Результати записати в таблицю.

Контрольні запитання:

1. Основні ознаки жаростійкості рослин.
2. Основні фактори впливу на жаростійкість рослин.
3. Небезпека, що несе рослині підвищення

температури.

Рекомендована література [1,2,4,5,9]

Лабораторна робота №8,9

Тема. Визначення вмісту золи в різних органах рослин.
Мікрохімічний аналіз золи.

Мета визначити якісний склад золи різних частин рослини в залежності від різних умов мінерального живлення.

Завдання:

Визначить якісний склад золи. Запишіть свої спостереження та результати аналізу.

Матеріали та обладнання: зола різних частин дослідних рослин, 10% розчин соляної кислоти, дистильована вода, аміак, 1%-ні розчини: нітрату стронцію, молібдату амонію в 15% азотній кислоті, жовтої кров'яної солі, сульфату талію, сірчаної кислоти, фосфату натрію; скляні палички, пробірки, паперові фільтри або вата, скляні лійки, предметні стекла, мікроскопи, електроплитка.

Основні поняття:

В різних частинах рослини міститься неоднакова кількість живих клітин, тому кількість золи в них теж різна. Зола — це залишок, який отримують після спалювання органічних речовин. При спалюванні азот, фосфор, вуглець, водень та частково кисень видаляються, а в золі залишаються окисли ряду елементів — натрій, калій, кальцій, залізо. Ґрунтово-кліматичні, агротехнічні умови вирощування рослин, а також вид, сорт, особливості досліджуваних тканин впливають на вміст та склад зольних елементів. Наприклад, в листках міститься золи більше, ніж в коренях, стовбурі та корі. Окремі види рослин мають здатність нагромаджувати окремі елементи. Так, концентрація бору в листках бобових культур та капусти значно вища, ніж у злакових, а вміст кальцію в листках бобових сягає кількох відсотків на суху вагу, в той час у

злакових культур їх не більше 0,5%. Зольні елементи відіграють важливу роль в обміні речовин рослин, входять до складу біологічно-активних сполук. Для виявлення макро- та мікроелементів у рослинній золі, користуються реакціями, в результаті яких утворюються кристали або розчин набуває забарвлення при наявності певного елемента.

Хід роботи.

Для початку ретельно висушіть рослинний матеріал до повітряно-сухої маси, порцелянові тиглі пронумерувати, прожарити в муфелі, перенести в ексікатор, охолодити і зважити на аналітичних терезах. У два тиглі відважити по 3 г матеріалу, який помістити в прогрітій муфель і витримати поки не зникнуть чорні цятки на золі. Тиглі перенести в ексікатор охолодити і зважити.

1. Частина мінеральних речовин, що входять до складу золи розчинна в кислоті, частина у воді. Тому, із дослідного зразка золи необхідно приготувати два розчини: кислотний і водний. У дві пробірки (для визначення якісного складу золи певної частини рослини) насипати 0,30 см³ золи та додати в першу 2 мл розчину 10% соляної кислоти (HCl), другу - 2 мл води (H₂O). Добре розмішати скляною паличкою та відставити на 15 хв. Потім профільтрувати досліджувані розчини крізь тонкий шар вати або невеличкий паперовий фільтр у чисті пробірки.

2. Реакції проводять на предметних скельцях. На відстані 1-1,5 см нанести краплину витяжки золи і реактиву. Повільно та обережно з'єднати ці дві краплини скляною паличкою. Відбувається реакція при взаємодії розчину з реактивом і утворюються кристали характерні для того, чи іншого елемента. Слід зазначити, що великі, чіткі кристали утворюються при повільному обережному з'єднанні крапель препарувальною голкою або скляною паличкою, а дрібні, малопомітні при швидкому та повному

перемішувані краплин. Утворені кристали необхідно замалювати.

3. Виявлення калію здійснюють у водному розчині золи за допомогою розчину комплексної солі $\text{Na}_2\text{PbCu}(\text{NO}_2)_6$. Краплю водної витяжки золи на предметному склі підсушити, потім на залишок нанести краплю реактиву. Через 2-3 хв розглянути під мікроскопом. За наявності калію бачимо темно-коричневі кубічної форми кристали свинцево-мідного нітрату калію. Реакція відбувається за рівнянням: $\text{Na}_2\text{PbCu}(\text{NO}_2)_6 + 2\text{KCl} = \text{K}_2\text{PbCu}(\text{NO}_2)_6 + 2\text{NaCl}$

4. Виявлення кальцію здійснюється за допомогою 1%-го розчину H_2SO_4 . На предметне скло нанести краплю солянокислої витяжки, додати краплю 1%-го розчину H_2SO_4 і підсушити над плиткою. У ході реакції утворюються голчасті кристали гіпсу. $\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + 2\text{HCl}$

5. Виявлення магнію. Краплину витяжки золи нейтралізувати розчином аміаку, а потім з'єднати з краплиною Na_2HPO_4 . Після нагрівання випадають кристали фосфорно-аміачно-магnezіальної солі у вигляді прямокутників, зірочок, квадратиків $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{MgPO}_4 + 2\text{NaCl}$

6. Для виявлення фосфору крапля солянокислої витяжки золи на предметному склі з'єднується з 1%-вим розчином молібдату амонію в 1%-ому розчині HNO_3 . Випадають зеленувато-жовті кристали фосфорномолібденового аміаку за реакцією $\text{H}_3\text{PO}_4 + 12(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + 21\text{HNO}_3 = (\text{NH}_4)_8\text{PO}_4 12\text{MoO}_3 + 21\text{NH}_4\text{NO}_3 + 12\text{H}_2\text{O}$

7. Для виявлення сірки до краплі солянокислої витяжки золи додати краплю 1%-го розчину нітрату стронцію і трохи нагріти. Утворюються дрібні кристали сірчанокислового стронцію $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Sr}(\text{NO}_3)_2 =$

$\text{Sr}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaNO}_3$

8. Для виявлення заліза використовують кольорову реакцію з 1%-вим розчином жовтої кров'яної солі $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$. Утворюється берлінська лазур за формулою: $4\text{FeCl}_2 + 3\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 = \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 + 12\text{KCl}$

9. Зробити висновки про кількість і вміст елементів у золі рослини.

Контрольні запитання

1. Які макроелементи містяться в золі рослин і за допомогою яких реакцій їх можна виявити?

2. Яка фізіологічна роль макро- та мікроелементів?

3. Візуально, за якими ознаками можна визначити нестачу того чи іншого елемента в рослині?

Рекомендована література [1,2,4,5,8]

Лабораторна робота №10

Тема. Визначення захисної дії цукрів на цитоплазмі

Мета на прикладі клітин буряку визначити вплив цукрів на стійкість рослин до несприятливих умов.

Завдання:

Визначити вплив цукрів на стійкість рослин. Запишіть свої спостереження та результати аналізу.

Матеріали та обладнання: ланцети, термометр, пробірки, піпетки, фільтрувальний папір, лід, кухонна сіль, 1 М розчин сахарози, столовий буряк, кристалізатори.
Основні поняття:

Морозостійкість – здатність рослин переносити температуру нижче 0 °С. Утворення льоду в тканинах рослин є основною причиною їх загибелі від низьких температур. Якщо ж вода в рослині не замерзає, а знаходиться в переохоложеному стані, то рослини здатні витримати дуже низькі температури, аж до мінус 40 °С. Лід може утворюватися як в міжклітинному просторі, так і в протопласті клітини. Поступове зниження температури призводить до утворення кристалів льоду насамперед у

міжклітинному просторі і спочатку не викликає загибелі клітин. Однак наслідки цього процесу можуть бути згубними для клітини, якщо в ході міжклітинного льодоутворення відбувається надмірний відтік води з клітини, що, в свою чергу, викликає підвищення внутрішньоклітинної концентрації іонів. Наслідком цього може зневоднення протопласту та підвищення пасивної проникності плазмалеми через її структурні зміни. Іншою причиною загибелі клітин рослин при льодоутворенні, крім надмірного зневоднення клітин, є механічний тиск, стиснення клітин зростаючими кристалами льоду. Тому наслідки впливу низьких негативних температур в значній мірі залежать від оводнення тканини рослини. Насичені водою тканини легко пошкоджуються, сухе ж насіння можуть виносити низькі температури (до мінус 120 °С). Під час пошкодження клітини цитопlasма та її мембрани втрачають властивості напів-проникності та речовини, що знаходяться в клітинному соці, вільно виходять назовні. Особливо добре це помітно, якщо клітинний сік 85 містить кольорові пігменти, в такому випадку інтенсивність забарвлення зовнішнього розчину є показником ступеня пошкодження. Стійкість до морозів досягається цілим комплексом фізико-хімічних змін в клітинах. Одною з них є накопичення цукрів у зимуючому листі та інших частинах рослини. Цукри захищають білкові речовини від згортання при виморожуванні, збільшуючи кількість зв'язаної і зменшуючи кількість вільної води. Пов'язана з колоїдами вода при дії низьких температур не перетворюється в лід.

Хід роботи

Очищений коренеплід столового буряка ріжуть на шматочки, що мають довжину 1,5-2 см, ширину і товщину 0,5-0,7 см, ретельно миють їх водою і 55 кладуть по одному в кожну з трьох пробірок. У першу пробірку наливають 5 мл дистильованої води, в другу – 5 мл 0,5 М розчину сахарози,

в третю – 5 мл 1 М розчину сахарози. Пробірки підписують і ставлять в охолоджуючу суміш, яку виготовляють змішуванням трьох частин льоду і однієї частини кухонної солі. Суміш добре перемішують шпателем (температура суміші повинна бути близько $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Після цього всі пробірки занурюють в охолоджуючу суміш і витримують 20 хв. По закінченню експозиції пробірки виймають і поміщують у скляні банки для поступового розморожування. Після цього вміст пробірок обережно перемішують і визначають забарвлення рідини в них. Результати досліду записують в таблицю. На основі отриманих результатів роблять висновок про вплив цукрів на стійкість рослин до низьких температур.

Контрольні запитання:

1. В чому полягає згубна дія морозу на рослину?
2. Зміна яких показників протоплазми можна використовувати в якості показника пошкодження?
3. Які захисні пристосування клітини у відповідь на пошкоджувальну дію від'ємних температур?

Рекомендована література [1,3,4,6,8]

Лабораторна робота №11

Тема. Визначення життєздатності насіння за допомогою анілінових барвників.

Мета показати, що живі клітини мають напівпроникні мембрани, крізь які барвник не здатний проникати. Мембрани мертвих клітин втрачають цю властивість..

Завдання:

Визначить життєздатність запропонованого насіння. Запишіть свої спостереження та результати аналізу.

Матеріали та обладнання: замочене насіння, мертве насіння, розчин кислого фуксину, леза, препарувальні голки, склянки.

Основні поняття.

Життєздатність насіння – кількість живого насіння в досліджуваній пробі, виражена у відсотках. Аналіз проводять для швидкого визначення життєздатності насіння, що перебуває у стані фізіологічного спокою, для визначення життєздатності твердих та здорових непророслих насінин, а також з метою підтвердження факту та встановлення причин низької схожості насіння.

Хід роботи

Замочене насіння розрізати в напрямку від зародка на дві половини стежачи, щоб поверхня зрізу була гладенькою. Насіння відмити від зруйнованих тканин водою і помістити в розчин кислого фуксину згідно експозиції. Після фарбування насіння промити водою, розкласти на фільтрувальному папері

Контрольні запитання:

- 1.Основні симптоми хвороб овочевих культур.
- 2.Основні характеристики збудників хвороб овочевих культур
- 3.Вплив зовнішніх факторів на забруднення овочевих культур

Рекомендована література [2,3,4,6,9]

3.РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

підготовка до аудиторних занять – 0,5 год./1 год.занять = $0,5 \times (12+11) = 11,5$ год.

підготовка до контрольних заходів – 6 год. на 1кредит ЄКТС = $6 \times 4 = 24$ год.

опрацювання окремих тем програми або її частин,які не викладаються на лекціях – 34,5 год.

Розподіл годин самостійної роботи для студентівзаочної форми навчання:

підготовка до аудиторних занять – $(6+6) \times 0,5 \text{ год.} = 6 \text{ год.}$

підготовка до контрольних заходів – 4 кредитів ·бгод. = 24 год.

опрацювання окремих тем програми або її частин, якіне викладаються на лекціях –78 год.

Теми самостійної роботи

№ з/п	Теми самостійної роботи
1	Дихання і бродіння. Субстрати дихання
2	Основні шляхи дисиміляції вуглеводів
3	Ріст і розвиток рослин. Вплив зовнішніх факторів на ці процеси
4	Система регулювання морфогенезу рослин (метаболічна, мембранна, генетична)
5	Основні форми розмноження рослин, їх фізіологічна роль і сфери застосування

Звітом про самостійну роботу здобувача є конспект матеріалу за вище наведеними темами. Конспектування опрацьованого матеріалу проводиться в довільній формі в рукописному вигляді в робочому зошиті або на стандартному папері формату А4 (210x297 мм) українською мовою. Захист опрацьованого матеріалу здійснюється при проведенні контрольних заходів поточного оцінювання разом із іншим матеріалом відповідної теми.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин. К. : Вища школа, 1995. 503 с.

2. Фізіологія рослин. Практикум / Ра ред. М. М. Мусієнка. К. : Вища школа, 1995. 191 с.

Допоміжна література

3. Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин : підручник. Суми : ВТД "Універсальна книга". 2004. 464 с.

4. Терек О. І. Ріст рослин : навчальний посібник. Львів, Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 121 с.

5. Григорюк І. П., Бойко О. А., Прилуцька С. В. Фізіологія рослин з основами біохімії. Практикум. К. : ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014. 144 с.

6. Самойленко Т. Г., Рожок О. Ф. Фізіологія рослин. Робочий зошит щодо проведення лабораторних та самостійних робіт студентам денної форми навчання напряму підготовки 6.090101 «Агрономія»: МНАУ, 2021. 64 с.

7. Перерва В. В. Методичні рекомендації до проведення лабораторних робіт із навчальної дисципліни «Фізіологія рослин» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 206 – Садово-паркове господарство) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. У. М. Соколенко. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. 91 с.

8. Аграрії разом: веб-сайт. URL: <https://agrarii-razom.com.ua>

9. Агрономія сьогодні: веб-сайт. URL: <http://agronomy.com.ua>

https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload