МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДВНЗ «ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА»

Факультет природничих наук
Кафедра біології та екології

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ І СРС З ЕКОЛОГІЇ РОСЛИН

Івано-Франківськ – 2018

Рецензенти:

зам. директора з наукової роботи ІФІ АПВ НААН, к.б.н. ***М.С. Микитин;***

доцент кафедри біології та екології Інституту природничих наук Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, к.б.н. ***Н.В. Шумська.***

Методичні вказівки до практичних робіт і самостійна робота студентів з екології рослин / Волчовська-Козак О.Є., Цап'юк Л.М. Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника. – Івано-Франківськ, 2018. – 80 с.

Викладено методику лабораторних робіт з основних розділів навчальної програми з дисципліни «Екологія рослин» для студентів-магістрів та спеціалістів біологічної спеціальності Інституту природничих наук: «Факторіальна екологія рослин», «Адаптація рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища», «Фізіологічна екологія рослин», «Рослини і глобальний фотосинтез»

По кожній із робіт наведено теоретичне обґрунтування, принцип методу й хід аналізу, розрахунки, реактиви та необхідне обладнання.

Для студентів-біологів та екологів університетів, а також педагогічних та вищих аграрних навчальних закладів.

Обговорено та затверджено на засіданні кафедри біології та екології Інституту природничих наук 29 січня 2018 р. (протокол № 8).

Рекомендовано до використання у навчальному процесі Вченою радою Інституту природничих наук Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника 7 лютого 2018 р. (протокол № 5).

ПЕРЕДМОВА.

Екологія — комплексна наука, що вивчає відносини живих організмів та їхніх угруповань між собою та з навколишнім середовищем.

Основний об'єкт дослідження в екології — екосистеми, тобто локалізована в просторі та динамічна в часі сукупність популяцій різних організмів й умов існування, які перебувають у постійному взаємозв'язку.

Предметом екології є дослідження систем надорганізменного рівня, їхньої структури та функціонування в просторі й часі в природних умовах.

На межі тисячоліть екологія стала однією з найважливіших міждисциплінарних синтетичних наук, а проблема взаємодії людського суспільства та біосфери — основною проблемою сучасності.

Сучасна екологія є теоретичною основою раціонального природокористування й має провідне значення в розробці стратегії взаємовідносин природи і людини.

Стосовно об'єктів вивчення розрізняють *екологію рослин* і *екологію тварин*. Для екології рослин традиційним є акцент насамперед на взаємовідносинах із довкіллям на рівні рослинного організму, тоді як у фітоценології вивчають взаємозв'язки рослинних угруповань.

Екологія рослин офіційно визнана самостійним розділом науки 1910 року на III Всесвітньому Ботанічному Конгресі в Брюсселі. Вже на початку свого існування, поряд із спостереженням життя рослин у природних умовах, почали застосовувати експериментальні методи, які дали змогу виявити реакцію рослинного організму на окремі екологічні фактори.

Як з'ясувалось, анатомо-морфологічна адаптація рослин до несприятливих факторів довкілля відбувається за рахунок формування специфічних особливостей будови клітин, тканин, окремих органів і організму в цілому.

Екологія рослин — наука про взаємозв'язки рослинних організмів та їхніх угруповань між собою і з навколишнім середовищем.

Завдання екології рослин полягає в тому, щоб розкрити численні взаємозв'язки між організмами і факторами місцезростання, пояснити, узагальнити й відобразити їх у всій складності та мінливості.

Взаємодія між живими організмами й навколишнім середовищем, обмін речовин та енергії між ними, пристосування організмів до постійно мінливих умов існування зумовлюють можливість існування життя на Землі. Адже рушійною силою саморозвитку, збалансованості й адаптивної саморегуляції кругообігу речовини і потоку енергії у біосфері є зелена рослина, первинний виробник органічної речовини та зв'язаної в ній сонячної енергії. Поява рослинного царства як в океані, так і на суші створила неосяжний зелений екран планети, який і став потужним біотрансформатором потоків енергії, речовини й інформації в біосфері, тому розвиток цивілізації і надалі залежатиме від фітосфери.

Дальший розвиток екології рослин як теоретичної основи раціонального природокористування значною мірою залежить від розробки та застосування нових принципів і методів екологічних, ботанічних та фізіолого-біохімічних досліджень. Тому назріла потреба скласти новий навчальний посібник, який включав би поряд із методами, що вже тривалий час використовуються в навчальній і науково-дослідній роботі з екології рослин, ряд сучасних методів дослідження.

У цьому посібнику разом із класичними методами дослідження з екології рослин наведено багато робіт із використанням нових сучасних методів, які легко можна виконати не тільки в дослідних, навчальних лабораторіях, а й в біологічних кабінетах середніх шкіл.

Багато практичних робіт у методичних вказівках ґрунтується на кількісному аналізі, що має велике значення для вироблення у студентів точності й акуратності під час проведення експериментальних досліджень. Викладений у посібнику матеріал розрахований на самостійну роботу студентів як стаціонарної, так і заочної форм навчання.

Ряд демонстраційних і практичних дослідів дають змогу використовувати ці методичні вказівки при вивченні курсів ботаніки, загальної біології, фізіології рослин та в позакласній роботі з учнями в середній школі.

Метою даних методичних вказівок є закріплення знань, отриманих при слуханні теоретичного курсу, застосування загальних закономірності впливу екологічних факторів на живі організми, ознайомлення студентів з основними методами дослідження в галузі екології рослин, принципами формування екологічних груп рослин *за відношенням до світлового режиму, тепла, вологості, до родючості ґрунту;* навчити їх розв'язувати завдання по практичній екології, (біоіндикації стану довкілля, токсичності відходів, здійснювати *біотестування ґрунтів, води, повітря тощо), давати оцінку стійкості рослин до несприятливих факторів, визначати* життєві форми рослин за різними класифікаціями, *володіти методиками фенологічних спостережень;* отримання необхідного досвіду та навичок роботи з рослинними об'єктами; навчити студентів керувати процесами, що протікають в біогеоценозі для отримання бажаного результату.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні знати:

- предмет та завдання курсу;
- методи екології рослин;
- основні положення вчення про екологічні фактори;
- вплив окремих екологічних факторів на рослинні організми;
- основні екологічні групи рослин за відношенням до екол.-х факторів;
- типи адаптацій та стійкості рослин;
- фізіологію фотосинтезу як унікальної функції рослинного організму та пов'язані з ним глобальні екологічні зміни на Землі;

вміти**:**

- застосовувати ґрунтовні теоретичні знання екологічних законів на практиці,
- проводити дослідження впливу екологічних факторів на рослинні організми в польових та лабораторних умовах;
- за морфологічними та анатомічними особливостями будови рослин відносити їх до певної екологічної групи за відношенням до різних екологічних факторів;
- здійснювати біоіндикацію стану довкілля за комплексом ознак рослинного організму;
- визначати життєву форму рослини за різними класифікаціями;
- проводити фенологічні спостереження в природних умовах.

ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ В ЛАБОРАТОРІЇ

1. У приміщенні необхідно підтримувати зразкову чистоту й порядок.

2. Студенти допускаються до занять у білих халатах.

3. Тверді реактиви не слід насипати безпосередньо на чашку ваг. При їх зважуванні на технічних вагах використовують пергаментний папір, на аналітичних – скляний посуд.

4. Для вимірювання лугів, кислот, інших їдких та отруйних речовин застосовують піпетки автоматичні або з гумовими грушами, циліндри.

5. Концентровані кислоти, луги, низькокиплячі рідини (ефіри, ацетон, бензол, спирт та ін.) зберігають у закритому посуді у витяжній шафі далеко від відкритого полум’я.

6. Низькокиплячі рідини нагрівають лише на водяній бані у витяжній шафі.

7. З леткими речовинами (соляна кислота, аміак, ацетон та ін.) можна працювати тільки у витяжній шафі.

8. Запобігаючи опікам, посуд із гарячими речовинами при перенесенні тримають тигельними щипцями або обгортають рушником. Нагріваючи рідину, посудину тримають отвором від себе й сусідів по роботі.

9. Щоб уникнути забруднення реактивів, забороняється набирати розчин з основного посуду піпеткою і виливати назад рештки. Частину розчину, необхідну для роботи, слід відлити у склянку.

10. Необхідно вимити і просушити посуд відразу після закінчення роботи.

11. По закінченні роботи студент зобов’язаний прибрати робоче місце і здати його черговому, відключити газ, електроприлади, воду.

12. Перед початком занять черговий студент одержує від лаборанта кафедри інвентар, необхідний для роботи, а в кінці заняття здає його, а також прибрану лабораторію.

Розділ І. ЕКОЛОГІЧНА ФІЗІОЛОГІЯ

Практична робота № 1.

Спостереження за рухом цитоплазми, вплив світла і температури на швидкість руху цитоплазми

Обладнання, об'єкти, реактиви: *мікроскопи, предметні стекла й накривні скельця, окуляр-мікрометр, об'єктив-мікрометр, секундомір, пінцети, препарувальні голки, електрична лампа; елодея, валіснерія, квітки традесканції, листки кропиви й гарбуза; тепла вода, спирт.*

Основні відомості. Рух цитоплазми тісно пов'язаний з перетворенням речовин і енергії в рослині. Є кілька типів руху цитоплазми: *коливальний, ротаційний, циркуляційний, фонтануючий* та ін.

Швидкість руху цитоплазми залежить від фізіологічного стану клітини, дії температури, світла та інших факторів. На заняттях найлегше виявляти ротаційний та циркуляційний типи руху цитоплазми. Ротаційний (коловий) рух вивчають у клітинах рослин із периферійним розташуванням цитоплазми (листки елодеї, валіснерії, кореневі волоски, пилкові трубки). Циркуляційний рух цитоплазми добре спостерігається у клітинах, які мають цитоплазматичні тяжі, що пронизують центральну вакуолю (тичинкові нитки квіток традесканції, волоски кропиви та ін.).

Хід роботи

Щоб виявити ротаційний рух цитоплазми, беруть гілку елодеї (Elodea canadensis), відривають пінцетом біля верхівки 2-3 листочки, кладуть їх у краплину теплої води на предметному склі і накривають накривним скельцем. Виготовлений препарат ставлять на предметний столик мікроскопа і розглядають спочатку при малому (8^x), а потім при великому (40^x) збільшеннях сухої системи. Найкраще вивчати рух цитоплазми у клітинах із невеликою кількістю хлоропластів, по боках від центральної жилки або біля країв листочка. В полі зору добре видно, як у клітинах біля оболонок по колу рухаються овальної форми тільця – хлоропласти.

Для визначення швидкості руху хлоропластів замість звичайного окуляра вставляють окуляр-мікрометр, і зміщують його шкалу в напрямі руху хлоропластів, включають секундомір і відмічають час, необхідний для проходження шляху в 10 поділок шкали одним із хлоропластів. Визначення проводять у 8-10-кратному повторенні. Аналогічним способом визначають швидкість руху цитоплазми в клітинах елодеї, яка знаходилась на світлі лампи протягом 15 хв.

Швидкість руху цитоплазми обчислюють у мікрометрах за секунду. Щоб вивчити вплив температури на рух цитоплазми, гілочки елодеї або листки валіснерії вміщують у склянку з кімнатною й теплою (28-30°С) водою. В листках, що знаходилися в теплій воді, спостерігатиметься значно інтенсивніший рух цитоплазми, ніж у воді з кімнатною температурою. Це свідчить про те, що температура до певної межі посилює рух цитоплазми.

Найкраще рух цитоплазми вивчати в листках елодеї та інших рослин навесні і на початку літа, коли рослини знаходяться в стані інтенсивної життєдіяльності. Восени і взимку, коли рослини перебувають у стані спокою, рух цитоплазми припиня-

ється. Щоб спостерігати рух цитоплазми взимку, треба порушити стан спокою в елодеї або валіснерії (застосуванням теплих ванн, пораненням, додаванням у склянку з водою кількох крапель розчину гістидину або спирту).

Циркуляційний рух цитоплазми спостерігають у квітки традесканції (*Tradescantia zebrina*). Голкою й пінцетом обережно відривають 2-3 тичинки з тичинковими нитками, кладуть їх у краплину води на предметному склі і накривають скельцем. Препарат вивчають при великому збільшенні мікроскопа. Роблять відповідні зарисовки та висновки.

Рис. ***Рис.***

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Про що свідчить наявність руху цитоплазми в клітинах?
2. Які основні типи руху цитоплазми?
3. В яких об’єктах найкраще видно ротаційний рух цитоплазми?
4. Від чого залежить швидкість руху цитоплазми?

Практична робота № 2.

Вивчення стану продихового апарату рослин інфільтраційним методом за різних умов довкілля

Обладнання, об'єкти, реактиви*: піпетки, покривні і предметні скельця, ланцети або канцелярський ніж, скляні палички, пінцети; кімнатні рослини – примула, бегонія, пеларгонія, традесканція та ін.; листки рослин герані, вирощенні в темноті і на світлі, з поливом і без поливу (водний стрес); рослини, які вирощують на навчально-дослідних ділянках; 5 % розчин гліцерину; спирт; бензол; ксилол; бензин.*

Основні відомості. Інтенсивність транспірації регулюють в основному продихи. Тому дослідження стану продихового апарату має велике теоретичне і практичне значення. Метод інфільтрації ґрунтується на неоднаковій проникності рідин у листок крізь відкриті продихові щілини. Рідини, які змочують клітинні оболонки, проникають крізь відкриті продихи в міжклітинники, витісняють із них повітря, внаслідок чого ці ділянки листка стають прозорими. Як інфільтруючі розчини використовують рідини, які в результаті неоднакової в'язкості і здатності змочувати оболонки клітин по-різному проникають крізь продихові щілини в міжклітинники. Найчастіше використовують бензин, ксилол, бензол і спирт. Бензин і ксилол легко проникають у міжклітинники, бензол – гірше і спирт ще гірше. Наносячи на листок різні речовини, виявляють стан продихів у ньому.

Метод інфільтрації визначає добовий хід продихових рухів у рослинах, стан продихового апарату за різних умов довкілля.

Хід роботи

На нижній бік листків досліджуваних рослин тонкою піпеткою на різні ділянки листка послідовно наносять маленькі краплини спирту, бензолу, ксилолу або бензину. Витримують листки в горизонтальному положенні (10-15 хв.) до повного зникнення крапель, які випаровуються або проникають у середину листка. Після цього листки розглядають на світло. Якщо рідина проникла в міжклітинники, то на листку видно прозорі плями. Якщо продихи листка закриті, то речовина швидко випаровується з поверхні листка і прозорих плям не буде. Якщо продихи широко відкриті, то краплі всіх рідин швидко проникають у клітину і тоді прозорі плями на листку видно добре. Результати дослідів записують за схемою: проникнення відмічати знаком „+", а відсутність проникнення знаком „–„.

Результати:

Об'єкт	Варіанти досліду	Проникнення речовини в листок			Стан продихів
		спирт	бензол	ксилол (бензин)	

Висновки:

Продихові рухи та вплив зовнішніх умов на стан продихів вивчають таким чином.

Обладнання, об'єкти, реактиви: *фільтрувальний папір, покривні і предметні скельця, ланцети; листки рослин герані, вирощенні в темноті і на світлі, з поливом і без поливу (водний стрес); 5 % розчин гліцерину, спирт, бензол, ксилол.*

Хід роботи:

1. Підготувати зріз епідермісу листка рослин герані і помістити його в 50 % розчин гліцерину на предметне скло, накрити покривним склом.
2. Відмітити час появи плазмолізу як в замикаючих клітинах, так і в решти клітинах епідермісу (продихи закриті).
3. Відмітити час настання деплазмолізу при проникненні гліцерину через цитоплазму в клітинний сік (продихи відкриті).
4. Замінити гліцерин водою (помістити поруч з покривним склом краплю дистильованої води, а з іншого боку відтягнути гліцерин фільтрувальним папером). При цьому продихи будуть відкриті ще ширше (ОТ в замикаючих клітинах збільшився в результаті надходження H_2O в клітинний сік).
5. На нижню сторону листків рослин, вирощених при різних умовах, нанести окремо краплі ксилолу (легко проникає через ледь відкриті продихи), бензолу (проникає в середньорозкриті продихи), етанолу (проникає лише в широкорозкриті продихи). Листок необхідно тримати в горизонтальному положенні до повного зникнення крапель.
6. Роздивитися листок на світлі, отримані дані занести в таблицю (проникнення відмічати знаком „+", а відсутність проникнення знаком „–„).

Умови вирощування	Ксилол	Бензол	Спитр
1. Темнота			
2. Освітлення з поливом			
3. Освітлення без поливу			
4.			
5.			
6.			
7.			

7. Зробити висновки про вплив умов вирощування на ступінь відкритості продихів.

Висновки:

В польових умовах визначають характер розташування продихів на верхньому й нижньому боках листків кукурудзи, пшениці, ячменю та інших злаків у звичайних умовах. У рослин квасолі, бобів, огірків, гарбузів, які вирощуються як вегетаційні культури, або в їхніх проростках вивчають стан продихів під впливом світла. З цією метою одну рослину за добу до досліду ставлять у темряву, а другу – на світло. В такому самому плані доцільно вивчати стан продихового апарату під впливом вологості повітря та інших факторів. Результати дослідів описують або записують за відповідною схемою, роблять відповідні висновки.

Результати дослідів та висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Що таке транспірація ? Назвіть типи транспірації.
2. Які методи вивчення стану продихів ви знаєте?
3. Який фізіологічний механізм лежить в основі закривання і відкривання продихів?
4. В чому суть методу інфільтрації? Чому на листках утворюються прозорі плями? Які переваги цього методу перед іншими?
5. Як змінюється стан продихів протягом доби?
6. Які екологічні фактори регулюють відкритість продихів і як?

Практична робота № 3.

Явище гутації. Вплив умов навколишнього середовища на гутацію у рослин

***Обладнання, об'єкти, реактиви**: горшки з ґрунтом або скляні 0,5 л банки з кришками, водяна баня, кристалізатори, термометри, склянки з дірками у дні, фільтрувальний папір; проростки пшениці, ячменю, вівса та інших злаків, фуксія, філодендрон; хлороформ.*

Основні відомості. У рослин часто відбувається виділення води листками, яке дістало назву гутації. Гутацію в природі можна спостерігати в похмурі дні восени або навесні, коли випаровування незначне, а надходження води в рослину достатнє. Гутація є результатом однобічної течії води крізь кореневі системи, яка відбувається при відсутності транспірації. Гутація відрізняється від "плачу" тим, що вона є нормальним фізіологічним явищем, не пов'язаним із пошкодженням рослини. Гутаційна крапля виступає крізь звичайні продихи або крізь гідатоди – водяні продихи. Фізіологічне значення гутації полягає насамперед у підтриманні в наземних рослин рівноваги між поглинанням і випаровуванням води. Пристосувальне значення гутації для водяних рослин в тому, що цей шлях виділення вологи єдино можливий.

Хід роботи

Явище гутації вивчають на молодих проростках злакових рослин, вирощених у темряві. Перед заняттям ці проростки виймають із темного місця, добре поливають і накривають склянкою, щоб створити вологе середовище біля проростків.

Через 30-60 хв. після накривання на верхівках проростків з'являються краплини води, їх обережно знімають фільтрувальним папером через дірку в склянці. Досить скоро краплинки з'являються знову. Їх теж знімають, і дослідні рослини вміщують у середовище, насичене парою хлороформу, для чого під склянку кладуть ватку, змочену хлороформом. В цих умовах гутація припиняється. Якщо вату з хлороформом з-під склянки забрати, гутація відновиться. Отже, хлороформ пригнічує діяльність кореневої системи, а вбирання води є активним фізіологічним процесом.

Дослідження впливу температури ґрунту й вологості повітря на процес гутації. Беруть 4 горщечки з проростками злакових рослин. Один горщечок ставлять у кристалізатор із кімнатною водою, другий – у кристалізатор із снігом або льодом, а третій – у посудину з водою, нагрітою до температури 35° С. Четвертий горщечок (контроль) залишають при кімнатних умовах. Далі смужкою фільтрувального паперу знімають на проростках краплі, накривають три перших горщечки склянками і спостерігають за швидкістю виділення краплин рідини на кінчиках проростків. Для більшої точності після появи перших краплин їх знімають фільтрувальним папером через дірки в склянках і тільки після цього відмічають, за який проміжок часу виділяться нові краплі.

Для дослідження гутації можна брати п'ятиденні проростки пшениці, вирощенні у скляних 0,5 літрових банках на фільтрувальному папері із пластмасовою кришкою. Оптимальна висота проростків – 3-5 см. Такі банки легко поміщати в різні умови, а відкриваючи чи закриваючи кришку – змінювати вологість.

Результати дослідження записують за такою схемою:
(гутація краплин/год)

Об’єкт	Умови досліду	Проростки під склянками			Проростки без накривання
		0° С	18° С	35° С	

У висновках пояснюють, чому в різних варіантах гутація відбувається з різною інтенсивністю.

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Що таке гутація і чим вона відрізняється від “плачу” рослин?
2. При яких умовах спостерігається процес гутації?
3. В чому фізіологічне значення процесу гутації?
4. Назвіть складові частини водного балансу рослин.

Рис.

Практична робота № 4.

Визначення транспірації верхнього і нижнього боків листка за допомогою хлоркобальтового паперу. Вплив умов навколишнього середовища на транспірацію у рослин

Обладнання, об'єкти, реактиви*: мікроскопи, предметні стекла і накривні скельця. пінцети, електроплитка, скляні пластинки, скляні банки, канцелярські скріпки; дослідні рослини; 5 %-й розчин хлориду кобальту.*

Основні відомості. Метод порівняльного визначення транспірації верхнього і нижнього боків листка за допомогою хлоркобальтового паперу ґрунтується на зміні кольору фільтрувального папірця, просоченого 5 %-м розчином хлориду кобальту при поглинанні ним парів води під час випаровування води листковою поверхнею. За часом, який необхідний для переходу забарвлення кобальтового папірця із синього ($CoCl_2$) в рожевий ($CoCl_2 \bullet 6H_2O$), роблять висновок про інтенсивність транспірації верхнього і нижнього боків листкової поверхні. Метод дуже простий і зручний, його можна також застосувати для спостережень за рухом продихів протягом дня та за різних умов навколишнього середовища.

Хід роботи

До початку роботи готують кобальтовий папір. Для цього беруть фільтрувальний папір (або тонкі обеззолені фільтри), намочують у 5 %-му розчині хлориду кобальту $CoCl_2 \times 6H_2O$ і просушують спочатку між сухими аркушиками фільтрувального паперу, а потім на повітрі до повітряно-сухого стану. Далі смужки паперу розрізають на квадратики (1 см×1 см) або кружечки (1 см діаметром). Щоб папір став голубим, його підсушують над електричною плиткою і зберігають у банці з притертим корком, на дно якої кладуть трохи $CaCl_2$.

Для визначення транспірації пінцетом беруть клаптики голубого хлоркобальтового паперу, швидко прикладають з обох боків до листка і, щоб притримувати їх, кладуть зверху на них скляні пластинки, які скріплюють пінцетами або канцелярськими скріпками. Замість скла можна використати відмиту фотоплівку.

Далі спостерігають, через скільки хвилин порожевіють хлоркобальтові папірці на верхньому й нижньому боках листків. За часом порожевіння визначають, з якого боку листка інтенсивніше відбувається транспірація. Після закінчення досліду виготовляють мікропрепарати з нижнього і верхнього епідермісу досліджуваних листків і визначають під мікроскопом кількість продихів у них. Для цього в 3-5 полях зору мікроскопа підраховують кількість продихів і виводять середнє.

Результати дослідів записують у таблицю і роблять відповідні висновки.

Опис досліду:

Таблиця

Результати досліду

Об’єкт	Поверхня листків	Час проведення досліду протягом дня, год.					Час зміни кольору, хв	К-ть продихів у полі зору мікроскопа, сер. з 5 визначень
		9	10	11	12	і т.д.		

Опис отриманих результатів і висновки:

Контрольні запитання і завдання для СРС

1. Дайте визначення транспірації. Що таке інтенсивність та продуктивність транспірації, транспіраційний коефіцієнт?
2. На чому ґрунтується хлоркобальтовий метод визначення інтенсивності транспірації?
3. Шматочок голубого хлоркобальтового паперу, прикладений до верхнього боку листка бегонії, порожевів за 20 хв., до нижнього – за 5 хв. Про що це свідчить?
4. Хлоркобальтовий папірець, прикладений до верхнього і нижнього боків листка пшениці, порожевів за 5 хв. Поясніть це явище.
5. Опишіть вплив зовнішніх факторів на інтенсивність транспірації.
6. Значення транспірації для рослин.

Практична робота № 5.

Визначення вмісту води і сухої речовини в рослинах. Вміст води і сухої речовини у рослинах різних місцезростань

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

Основні відомості. Дослідження водного режиму охоплюють також роботи з визначенням умісту води і сухої речовини в рослинах, які вирощуються в умовах вегетаційних культур і на дослідних ділянках. Цим методом можна виявити загальні закономірності водного обміну в рослинах протягом вегетації залежно від впливу факторів навколишнього середовища й мети досліду. Поглинання води і транспірація взаємопов'язані і їх співвідношення визначає загальний уміст води в рослині, який можна визначити методом описаним далі.

Хід роботи

Чистий скляний або металічний бюкс разом із відкритою кришкою кладуть у сушильну шафу та витримують там протягом 1 год. при температурі 100-105° С. Висушений бюкс виймають тигельними щипцями із сушильної шафи і вміщують в ексикатор на 30 хв. Масу бюкса визначають на аналітичних терезах із точністю до 0.0001 г.

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

При роботі із сирим матеріалом треба якнайшвидше брати наважку, щоб запобігти втраті води на повітрі. Сирий матеріал повинен лежати в бюксі не щільно. Бюкс із наважкою ставлять у нагріту сушильну шафу відкритим на 4-6 год. і висушують при температурі 100-105° С. Бюкси в сушильній шафі ставлять якнайдалі від стінок, на ту поличку, на рівні якої знаходиться кінчик термометра.

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

Процент абсолютно сухої речовини обчислюють за такою формулою:

$$\mathbf{А = б \times 100 : в},$$

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

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

Для аналізів відбирають різні види рослин із різних місцезростань та різним водозабезпеченням. Також цікаво порівняти вміст води та сухої речовини у рослинах одного виду, які ростуть в умовах різного водопостачання.

Результати аналізів записують за такою схемою:

Варіанти досліду	№ бюкса	Маса бюкса, г	Маса бюкса з наважкою до висушування, г	Маса наважки, г	Маса бюкса з наважкою після висушування, г	Маса абсолютно сухої речовини, г	Абсолютно суха речовина, %	Вода, %

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Який вміст води у рослині і її частинах, у рослинній клітині і її органоїдах?
2. Від чого залежить вміст води у рослині?
3. На чому ґрунтується метод визначення вмісту сухої речовини?
4. Як визначити вміст води в рослинах?
5. Яке практичне значення мають дані показники?
6. Які процеси формують водообмін у рослин?
7. Що є рушійною силою надходження та пересування води в рослині?
8. Як розраховують норми поливу в зрошувальному землеробстві ?

Практична робота № 6.

Необхідність світла для утворення хлорофілу

***Обладнання, об'єкти, реактиви**: мікроскопи, предметні і накривні скельця, ланцети або канцелярський ніж, препарувальні голки, пластикові коробки або ящики (~30×20×6 см), горщечки для квітів, чашки Петрі, ножиці, темна кришка або щільна коробка; насіння квасолі і ячменю або інших культур; садова земля.*

Основні відомості. Крім генетичних факторів велике значення для утворення хлорофілів мають умови навколишнього середовища: світло, температура, кисень, ґрунтове живлення, вода та ін. Найважливішою умовою, необхідною для утворення хлорофілу в рослинах, є світло, насамперед його спектральний склад.

Хід роботи

Ящики або горщечки набивають садовою землею, висівають у них насіння люпину, квасолі, кукурудзи тощо, поливають і ставлять у щільну коробку а потім у темне місце. Ящики можна також накрити темною кришкою. Після появи сходів із жовтих сім'ядолей роблять тоненькі анатомічні зрізи і вивчають їх під мікроскопом при великому збільшенні (40х). У клітинах добре видно маленькі круглі або овальні, тільця, які часто називають проламелярними тільцями, або пропластидами. Якщо ящики відкрити і виставити етиольовані проростки на світло, то вони зеленіють. У проростках під впливом світла утворюється хлорофіл. З позеленілих сім'ядоль знову роблять анатомічні зрізи і розглядають їх під мікроскопом. Тепер у клітинах добре видно зеленого кольору тільця — хлоропласти, в яких утворились зелені пігменти.

У шкільних умовах цей дослід можна демонструвати ще простіше. Ящики або горщечки, набиті садовою землею, густо засівають ячменем або іншою культурою, поливають, ретельно закривають від світла, ставлять у темне місце і пророщують. Через 2 — 3 дні після появи сходів ящики відкривають і демонструють учням етиольовані проростки жовтого кольору. Після цього ящики знову накривають кришкою, в якій вирізано слово «світло» або «хлорофіл», і виставляють на світло. Через 3 — 4 дні відкривають ящики і роблять відповідні висновки.

Опис отриманих результатів та висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Класифікація фотосинтетичних пігментів Значення хлорофілу для рослин.
2. Хлорофіли, хімічна структура. Спектральні властивості і функції.
3. Біосинтез хлорофілу. Чому світло необхідне для утворення хлорофілу?

Практична робота № 7.

Оцінка впливу умов навколишнього середовища на фотосинтез (за інтенсивністю виділення кисню зеленою рослиною)

***Обладнання, об'єкти, реактиви**: скляні циліндри або банки, лійки, пробірки, електрична лампа, сірники; елодея або інша водяна рослина.*

Основні відомості. Процес фотосинтезу вивчають різноманітними якісними й кількісними методами. Найпростішим є метод демонстрування виділення бульбашок кисню водяною рослиною елодеєю на світлі. Суть його в тому, що на світлі у листках відбувається процес фотосинтезу, в результаті якого виділяється кисень, що накопичується в міжклітинниках. При зрізанні стебла надлишок газу виділяється з поверхні зрізу у вигляді бульбашок. Швидкість утворення бульбашок кисню залежить від інтенсивності фотосинтезу. В цій роботі можна вивчати вплив факторів навколишнього середовища на інтенсивність фотосинтезу, зокрема світла й температури. Отже цінність цього дуже простого методу в тому, що він дає змогу продемонструвати учням і студентам, як фотосинтез залежить від умов навколишнього середовища.

Хід роботи

Гілочки елодеї підрізають під водою і кладуть у стакан або циліндр із водою. Воду попередньо збагачують CO_2, додавши до неї на кінчику ножа $NaHCO_3$. Гілочки елодеї розміщують так, щоб підрізані їх кінці були орієнтовані догори, і накривають лійкою. Беруть звичайну пробірку, наповнюють її водою, закривають великим пальцем, перевертають догори дном, опускають у стакан із водою й обережно, щоб у пробірку не потрапили бульбашки повітря, під водою надівають на трубку лійки. Змонтований прилад виставляють на пряме сонячне світло або світло електричної лампи (200—500 Вт) на кілька годин. Під дією світла в елодеї відбувається фотосинтез, в результаті якого виділяється кисень. Бульбашки кисню витискують воду з пробірки і заповнюють її. Коли в пробірці буде достатня кількість газу, її під водою знімають із трубки лійки, закривають великим пальцем і виймають із стакана. У пробірку вносять тліючу скалку. Яскравий спалах свідчить про наявність у пробірці кисню, який виділився в процесі фотосинтезу.

Вплив температури на фотосинтез. У вузький циліндр або пробірку наливають воду температурою 4 °С. Гілочки елодеї 4—5 см завдовжки прив'язують до скляної палички зрізом догори і занурюють у воду. Перед цим також додають у воду трохи $NaHCO_3$. Циліндр з елодеєю виставляють на світло. Через 2—3 хв підраховують кількість виділених бульбашок кисню за 1 хв. Аналогічний дослід проводять з елодеєю при кімнатній температурі (18°С). Спостерігають на однаковій віддалі від джерела світла спочатку при кімнатній температурі (18 °С), потім низькій температурі (4 °С) і знову кімнатній температурі (18 °С). Порівнюючи кількість бульбашок, які виділялись за 1 хв, визначають, при якій температурі інтенсивніше відбувається фотосинтез.

Вплив світла на фотосинтез. Для вивчення впливу інтенсивності світла на фо-

тосинтез склянку або пробірку з гілочкою елодеї розміщують на відстані 20 см від електролампи (200 Вт) (1 положення) і, коли спостерігається постійне виділення бульбашок, роблять підрахунок їх за 1 хв.

Потім прилад розміщують на віддалі 40 см від лампи (2 положення) і знову підраховують бульбашки. Після цього ще раз повторюють перше положення. Закінчують дослід підрахунком кількості виділених бульбашок елодеєю на відстані 60 см від джерела світла (третє положення) і роблять відповідні висновки.

Рис.

Опис отриманих результатів та висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Як визначити інтенсивність фотосинтезу методом підрахунку бульбашок кисню? Які методи визначення фотосинтезу вам відомі?
2. Як залежить фотосинтез від факторів навколишнього середовища?
3. Гілку елодеї, занурену в пробірку з водою, освітлювали спочатку червоним, а потім синім світлом однакової інтенсивності. В яких променях швидше виділятимуться бульбашки кисню? Як пояснити це явище?
4. Гілку елодеї освітлювали спочатку зеленим, а потім синім світлом однакової інтенсивності. Де спостерігатиметься швидше поглинання CO_2 елодеєю?

Практична робота № 8.

Визначення вмісту хлорофілу в листках. Вплив умов росту та розвитку на вміст хлорофілу в листках рослин

***Обладнання, об'єкти, реактиви**: скляні фільтри, колба Бунзена, фотоелектроколориметр, ножиці, ступка, мірні колби на 25 мл; свіжі листки досліджуваних рослин; пісок, $CaCO_3$, спирт або ацетон.*

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

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

При точних визначеннях вмісту пігментів їх краще попередньо розділити хроматографічним методом. Для порівняльних цілей використовують спиртову або ацетонову витяжки без попереднього розподілу. Кількість пігментів визначають за допомогою фотоколориметра або спектрофотометра. Фотометричний аналіз ґрунтується на затності розчинів пігментів хлоропластів поглинати промені певної довжини хвилі.

Хід роботи:

1. 0,2 г листків без жилок подрібнити ножицями, розтерти в ступці, добавити трохи $CaCO_3$ і кварцового піску. Вливаючи порціями спирт або ацетон, добуті пігменти зібрати в конічну мірну пробірку (10 мл), використовуючи скляний фільтр і колбу Бунзена. Екстрагування пігментів проводять до тих пір, поки листя в ступці та екстрат з них повністю знебарвляться.
2. Перелити витяжку в мірну колбу на 25 мл, добавити ацетон або спирт до мітки, перемішати. При переливанні та екстрагуванні не можна втратити жодної краплі.
3. Включити ФЕК-М за 20 хв. до визначення концентрації хлорофілу. Гвинтом правого барабану встановити „0" по червоній шкалі. Після прогрівання включити гальванометр і перевірити „0" з відкритою шторкою.
4. Заповнити дві кювети d=10 мм спиртом або ацетоном, вставити їх в кюветотримач.
5. Відкрити шторки і включити необхідний світофільтр (червоний).
6. Замість кювети з розчинником на шляху правого променя встановити кювету з розчином пігментів. Включити гальванометр спочатку в 1-е; потім в 2-е положення чутливості і підвести стрілку до „0" з допомогою гвинта правого барабану.

7. За червоною шкалою правого барабану відмітити значення оптичної густини, що відповідає максимальній чутливості гальванометра. Виміри оптичної густини повторити 3 рази, провіряючи „0” приладу.

8. По величині оптичної густини з допомогою калібрувальної кривої знайти концентрацію хлорофілу в даному розчині в мг/мл сирої ваги і розрахувати його концентрацію в наважці за формулою:

$$A = \frac{C \times V}{P}, \quad \text{де:}$$

A – вміст пігменту в рослинному матеріалі, мг/г сирої ваги;

C – концентрація пігментів, мг/мл;

V – об’єм витяжки пігментів, мл;

P – наважка рослинного матеріалу, г.

Вплив умов росту та розвитку на вміст хлорофілу в листках рослин.

Використовуючи колориметричний метод кількісного визначення хлорофілу, вивчити:

1. Накопичення цього пігменту при різній інтенсивності освітлення етильованих паростків.

2. Зміну кількості хлорофілу в різні фази розвитку рослин (вегетаційний дослід).

3. Вплив мінерального живлення (в т.ч. мікроелементів) на вміст пігментів в листках (вегетаційні досліди).

Опис досліду 1:

Таблиця

Результати досліду 1

Об’єкт	Умови росту рослин	Дата та час відбору проб			наважка росл. матеріалу, г	об’єм витяжки пігментів, мл	концентрація пігментів, мг/мл	вміст пігменту, мг/г сирої ваги

Опис досліду 2:

Таблиця

Результати досліду 2

Об’єкт	Умови росту рослин	Дата та час відбору проб			наважка росл. матеріалу, г	об’єм витяжки пігментів, мл	концентрація пігментів, мг/мл	вміст пігменту, мг/г сирої ваги

Висновки:

Контрольні питання для СРС

1. Яка роль фототрофного живлення рослин у біосфері?
2. Визначення фотосинтезу. Загальне рівняння фотосинтезу.
3. Будова листка як органу фотосинтезу.
4. Хлоропласти, їх будова і хімічний склад. Структура тилакоїдів.
5. Поглинання й запасання світла пігментами. Світлова фаза фотосинтезу.
6. Фотоліз води. Чому фотосинтетичне виділення кисню рослинами зумовило глобальні екологічні зміни на Землі
7. У чому полягають особливості шляхів фотосинтетичної асиміляції CO_2 у різних екологічних груп рослин ? Яка різниця між рослинами C_3- та C_4-типу ?
8. Регуляція фотосинтезу. Інтенсивність і продуктивність фотосинтезу.
9. Екологія фотосинтезу. Добовий хід фотосинтезу.
10. Космічна роль рослин.

Практична робота № 9.

Вплив температури і світла на ріст рослин

***Обладнання, об'єкти, реактиви**: горщечки з ґрунтом, чорний папір, лінійка; насіння пшениці, гороху, квасолі та ін.*

Основні відомості. З факторів навколишнього середовища на ріст рослин значно впливають температура, світло й вологість. Кожна рослина може рости тільки в певних температурних межах. Залежність між ростом і температурою виражається кривою з трьома кардинальними точками температури: мінімальною – найнижчою температурою, при якій уже починається ріст, оптимальною – температурою - при якій рослина росте найшвидше і максимальною (найвищою), при якій ще відбувається ріст рослин. Мінімальна температура у більшості рослин наших широт трохи вища ніж 0^0 С, у деяких тропічних – близько 10° С, верхня межа сягає 30-35° С. Після 35-40° С ріст рослин уповільнюється й падає майже до нуля.

Світло також істотно впливає на ріст рослин, проте більшість рослин хоч і тимчасово, але може рости і в темряві. На фазі розтягнення світло затримує ріст клітин, а температура, навпаки, прискорює його. Тому затемнені рослини дуже витягуються, змінюється форма їхніх органів, вони стають етіольованими. На ріст впливає інтенсивність, тривалість і спектральний склад світла.

Важливим фактором для росту рослин є також вода. При нестачі води у рослині гальмується фаза розтягування, яка відбувається завдяки надходженню води в клітину. Збільшення вологості ґрунту й повітря сприятливо впливає на ріст рослин.

Хід роботи

1. Вплив температури на ріст. У горщечки висівають по 20 насінин пшениці або інших рослин на однакову глибину і ставлять у світле тепле місце. Ґрунт у горщечках рівномірно поливають. Як тільки появляться сходи, горщечки ставлять в умови різної температури.

За ростом систематично спостерігають, періодично вимірюють висоту рослин. Результати досліджень записують у щоденники.

Через два тижні видно, що при пониженій температурі рослини ростуть дуже повільно, а з підвищенням її ріст рослин значно прискорюється.

2. Вплив світла на ріст. Для цієї роботи беруть два горщечки з ґрунтом і висівають у них по 20 насінин гороху на глибину 4 см. Один горщечок ставлять на вікно, а другий поряд із першим, накривають ковпаком із чорного паперу. Ґрунт у горщечках систематично поливають однаковою кількістю води. Спостерігають за ростом, періодично вимірюють рослини. Через 10-12 днів, порівнюючи рослини, відмічають велику різницю у їх зовнішньому вигляді. Рослини, які вирощували в темряві, відрізняються не тільки кольором, а й видовженим стеблом, дрібненькими листочками і прилистками від рослин, які росли на світлі.

Потрібні досліди проводять і при вивчення впливу на ріст рослин вологості ґрунту, мінерального живлення та інших факторів. Під час проведення цієї роботи доцільно вивчити, при якій температурі найкраще ростуть пшениця, кукурудза та інші культури, виявити вплив на ріст досліджуваних рослин світла й темряви.

Опис отриманих результатів та висновки:

Рис.

Контрольні питання для СРС

1. Що таке температурний мінімум, оптимум і максимум?
2. Як впливає температура на ріст рослин і чому?
3. Поясніть трансформацію тепла в просторі та його динаміку в часі.
4. Що означає показник «сума ефективних температур» ?
5. Схарактеризуйте екологічні групи рослин відносно температури.
6. Які організми належать до пойкілотермних ?
7. Що таке явище термоперіодизму ?
8. Назвіть представників літньо- та зимозелених рослин.
9. Схарактеризуйте взаємозв'язок між сонячною радіацією та рослинністю.
10. Як впливає світло на ріст рослин? На якій фазі світло затримує ріст рослин?
11. Які рослини називають етильованими?
12. Поясніть явище фотоперіодизму.

Розділ ІІ. АУТЕКОЛОГІЯ

Практична робота № 10.

Екологічні групи рослин за відношенням до світлового режиму

***Обладнання, об'єкти, матеріали**: світловий мікроскоп, пінцети; гербарні зразки рослин; визначник рослин.*

Основні відомості. За відношенням до світла всі рослини, у тому числі й лісові дерева поділяються такі екологічні групи: *геліофіти* (світлолюбні), що потребують багато світла і здатні переносити лише незначне затінення (до них належать майже всі кактуси та інші сукуленти, багато представників тропічного походження, деякі субтропічні чагарники); · *сціофіти* (тіньолюбні) – задовольняються, навпаки, незначним освітленням і можуть існувати в тіні (до тіньолюбних відносять різні хвойні рослини, багато папоротей, деякі декоративно-листяні рослини); · *тіньовитривалі* (факультативні геліофіти).

Геліофіти**.** Світлові рослини. Мешканці відкритих місць проживання: лук, степів, верхніх ярусів лісів, ранньовесняні рослини, багато культурні рослини. Характеризуються такими ознаками: дрібні розміри листя; зустрічається сезонний диморфізм: навесні листочки дрібні, влітку – більші; листя розташовується під великим кутом, іноді майже вертикально; листкова пластинка блискуча або густо опушена; утворюють суцільні насадження.

Сціофіти**.** Не виносять сильного світла. Місця проживання: нижні затемнені яруси; мешканці нижніх шарів водойм. Перш за все, це рослини, що ростуть під покривом лісу (кислиця). Характеризуються такими ознаками: листки великі, ніжні; темно-зеленого кольору; рухливі,· характерна так звана листкова мозаїка (особливе розташування листків, при якому вони максимально не затуляють один одного).

Тіньовитривалі. Займають проміжне положення. Часто добре розвиваються в умовах нормального освітлення, але можуть при цьому переносити і затемнення. За своїми ознаками займають проміжне положення.

Одними з причини таких відмінностей є специфічні особливості хлорофілу, різна архітектоніка видів (будова пагонів, розташування та форма листків).

Згрупувавши лісові дерева згідно з їх потребою в світлі, що виявляється в їх розташуванні в природних умовах, і, ставлячи найбільш світлолюбні вперед, ми отримаємо приблизно наступні ряди:

1) Модрина, береза, осика, вільха.

2) Сосна гірська, ясен, дуб, в'яз, клен

3) Ялина, липа, граб, бук, ялиця.

Чудова й біологічно важлива обставина, що *майже всі дерева в молодості можуть переносити значно більше затінення*, ніж у більш зрілому віці. Далі слід зауважити, що здатність витримувати затінення знаходиться у певній залежності від родючості ґрунту, а також деяких інших умов.

Хід роботи

1. Розглянути гербарні зразки і записати представників різних екологічних груп рослин за відношенням до світлового режиму у такому порядку:

а) геліофіти; б) факультативні геліофіти; в) сціофіти.

Результати дослідження:

Родина	Вид
Світлолюбні (геліофіти):	
Складноцвіті *(Asteraceae)*	Арніка гірська *(Arnica montana)* Королиця звичайна *(Leucanthemum vulgare)* Оман британський *(Inula britannica)* Золотушник звичайний *(Solodago virgaurea)* Ромашка без'язичкова *(Matricaria perforata)* Жовтозілля дібровне *(Senecio nemorensis)*
Онагрові *(Onagraceae)*	Хаменерій вузьколистий (Іван-чай) *(Chamaenerion angustifolium)*
Бобові *(Fabaceae)*	Конюшина лучна *(Trifolium pratense)* Конюшина гірська *(Trifolium montanum)*
Розові *(Rosaceae)*	Гадючник звичайний *(Filipendula vulgaris)*
Амарилісові *(Amaryllidaceae)*	Підсніжник звичайний *(Galanthus nivalis)*
Тіньовитривалі (факультативні геліофіти):	
Лілійні *(Liliaceae)*	Веснівка дволиста *(Majanthemum bifolium)* Вороняче око *(Paris quadrifolia)*
Ранникові *(Scrophulariaceae)*	Вероніка дібровна *(Veronica chamaedris)*
Брусничні *(Vacciniaceae)*	Чорниця *(Vaccinium myrtillus)*
Первоцвіті *(Primulaceae)*	Сольданелла гірська *(Saldonella montana)*
Тіньолюбні (сціофіти):	
Маренові *(Rubiaceae)*	Маренка запашна *(Asperula odorata)*
Барвінкові *(Apocynaceae)*	Барвінок малий *(Vinca minor)*
Шорстколисті *(Boraginaceae)*	Живокіст серцевидний *(Symphytum cordatum)*

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Схарактеризуйте світло як екологічний фактор.
2. Схарактеризуйте екологічні групи рослин за вимогою до світла.
3. Назвіть тіневитривалі рослини. Які характерні ознаки сціофітів? Де зростають геліофіти?
4. Назвіть пристосування рослинних організмів до світлового режиму.

Практична робота № 11

Екологічні групи рослин за відношенням до вологості ґрунту

***Обладнання, об'єкти, матеріали**: світловий мікроскоп, пінцети; гербарні зразки рослин; визначник рослин.*

Основні відомості. Розрізняють такі екологічні групи рослин за відношенням до води:

1. Гідатофіти – це водяні рослини, цілком або майже цілком занурені у воду. Вийняті із води, ці рослини швидко висихають і гинуть, бо в них редуковані продихи і нема кутикули. До них належать водяний жовтець, елодея, валіснерія, рдесник, водопериця. Листкові пластинки гідатофітів тонкі, часто розсічені, що сприяє повнішому використанню послабленого у воді сонячного світла і засвоєнню вуглекислого газу. Підтримувані водою пагони майже не мають механічних тканин, у них розвинена аеренхіма. Інколи у них зустрічається різнолистість – гетерофілія, а в багатьох наявні плаваючі на поверхні води листки.

Коренева система гідатофітів дуже редукована, інколи взагалі відсутня, або втратила свої функції, як у ряски. У них відсутні провідні тканини, тому поглинання води і мінеральних солей відбувається усією поверхнею тіла. Квітконосні пагони виносять квітки на поверхню води, а після запилення вони знову можуть занурюватися у воду і дозрівання плодів здійснюється уже під водою.

2. Гідрофіти – це наземно-водяні рослини, частково занурені у воду. Ростуть на берегах водойм, на мілководді та на болотах. Зустрічаються в районах з різними кліматичними умовами. До них відносять очерет звичайний, частуху подорожникову, бобівник трилистий, калюжницю болотяну. У них краще, ніж у гідатофітів розвинуті механічні та провідні тканини, добре виражена аеренхіма. У листках гідрофітів наявний епідерміс з продихами, але інтенсивність транспірації надто висока, тому вони можуть рости тільки на постійному інтенсивному поглинанні води.

3. Гігрофіти – надземні рослини, які ростуть в умовах підвищеної вологості ґрунту та повітря на болотах, берегах річок чи озер, у вологих лісах (розрив-трава, квасениця звичайна). Насиченість їхніх тканин водою досягає 80 % і вище.

Гігрофіти не витримують водного дефіциту, тому не пристосовані до обмеженої її витрати. Найтиповіші гігрофіти — трав'янисті рослини й епіфіти вологих тропічних лісів. В наших широтах до таких тіньових гігрофітів належать тонколисті папороті, розрив-трава звичайна, квасениця звичайна, чистотіл великий та інші. Як правило, після вирубування лісу і зниження вологості повітря вони зникають.

У гігрофітів добре розвинена система міжклітинників у листках, стеблах і коренях, що зумовлене перенасиченням ґрунту водою, а звідси, дефіцитом кисню. Корені гігрофітів із цієї причини також розміщуються в поверхневих горизонтах, вони слабо розгалужені, без кореневих волосків. серед гігрофітів трапляються і такі, як хвощ річковий, ситник розлогий та подібні до них рослини, у яких листки сильно редуковані, тому функцію фотосинтезу виконують зелені стебла. Вважається, що це особлива реліктова група гігрофітів, що збереглася до наших днів.

4. Мезофіти – це рослини, що можуть переносити нетривалу і не дуже сильну посуху. Вони ростуть при середній вологості, помірно теплому режимі і досить добрій забезпеченості мінеральним живленням. До мезофітів відносять вічнозелені дерева верхніх ярусів тропічних лісів, листопадні дерева саван, деревні породи вологих вічнозелених субтропічних лісів, літньозелені листяні породи лісів помірного поясу, чагарники підліска, трав'янисті рослини дібров, рослини заплавних і не надто сухих лук, пустельні ефемери, багато бур'янів і більшість культурних рослин. Отже, група мезофітів дуже численна і неоднорідна.

5. Ксерофіти – це рослини, що ростуть у місцях з недостатнім зволоженням і мають пристосування, які дають змогу добувати воду в разі її нестачі або обмежувати її випаровуванні і, навіть, вміння запасати її під час посухи. Ксерофіти краще ніж усі інші рослини здатні регулювати водний обмін, тому під час тривалої посухи перебувають в активному стані. Це рослини пустель, степів, твердолистяних і вічнозелених лісів та чагарникових заростей, піщаних дюн і сухих схилів, які добре нагріваються.

Їхні специфічні пристосування (дрібнолисткість, малі розміри клітин паренхіми та епідермісу, редукованість листків, зменшення кількості продихів, опушення, наявність товстого захисного шару кутикули, восковий наліт, літній листопад) перешкоджають випаровуванню води і запобігають перегріву рослин. Їхні листки часто складаються вздовж так, що продихові щілини відкриваються всередину трубки. У вологі дні пластинки стають плоскими або майже плоскими. Листки справжніх ксерофітів мають дуже високий осмотичний потенціал клітинного соку (до 10 000 кПа). В деяких ксерофітів дуже розвинена система головного кореня, яка досягає ґрунтових вод. Так, у верблюжої колючки довжина стержневого кореня може досягати 15 м і більше, тоді як висота наземних частин рослини не перевищує 1 м. Такі ксерофіти випаровують вологу навіть інтенсивніше, ніж мезофіти.

Ще потужнішу кореневу систему розвивають фреатофіти (рослини пустель), як, наприклад, коренева система саксаулу чорного, котра проникає на глибину до 30...40 м. Загальна ознака всіх представників ксерофітів полягає в максимальному скороченні випаровуючої поверхні, що призвело, своєю чергою, до незначного розвитку надземної частини. Цим і пояснюється те, що більшість ксерофітів являють собою трави, низькорослі кущі, у яких підземні частини розвинені краще, ніж надземні. Все це властиве таким рослинам, як полин, люцерна степова, верблюжа колючка тощо.

Серед ксерофітів є багато різноманітних форм: *кактуси, сукуленти, тонколисті та жорстколисті ксерофіти, ефемери, психрофіти, кріофіти*.

Хід роботи

2. Розглянути гербарні зразки і згрупувати представників різних екологічних груп рослин за відношенням до вологості ґрунту таким чином:

а) Гідатофіти;
б) Гідрофіти;
в) Гігрофіти;
г) Мезофіти;
д) Ксерофіти.

Результати дослідження:

Родина	Вид
Гідатофіти:	
Жабурникові *(Hydracharitaceae)*	Елодея канадська *(Elodea cannadensis)* Валіснерія спіральна *(Vallisneria spiralis)*
Куширові (*Ceratophyllaceae*)	Кушир темнозелений *(Ceratophyllum demersum)*
Ряскові (*Cemnaceae*)	Ряска мала *(Lemna minor)*
Лататтєві *(Nuphaceae)*	Глечики жовті *(Nuphar lutea(L.)Smith.)*
Гідрофіти:	
Столисникові *(Halorogaceae)*	Водопериця кільчаста *(Myrophyllum verticillatum)*
Осокові *(Cyperaceae)*	Пухівка багатоколоскова *(Eriophorum polystachion)* Комиш лісовий (*Scirpus sylvaticus*)
Рогозові *(Typhaceae)*	Рогіз широколистий *(Typha latifolia)*
Злакові *(Poaceae)*	Очерет звичайний (*Phragmites australis*)
Частухові (*Alismataceae*)	Стрілолист стрілолистий (*Sagittaria sagittifolia*)
Гігрофіти:	
Жовтецеві *(Ranunculaceae)*	Калюжниця болотна *(Caltha palustris)*
Росичкові (*Droseraceae*)	Росичка круглолиста *(Drosera rotundifolia)*
Ситникові *(Juncaceae)*	Ситник скупчений *(Juncus conglomeratus)* Ситник жаб'ячий *(Juncus bufonius)* Ситник розлогий (*Juncus effusus*)
Злакові *(Poaceae)*	Рис посівний *(Oryza sativa)*
Складноцвіті *(Asteraceae)*	Кремена біла *(Petasites albus Gaertn)*
Онагрові (*Onagraceae*)	Розрив-трава звичайна (*Impatiens nolitangere*)
Квасеницеві (*Oxalidaceae*)	Квасениця звичайна (*Oxalis acetosella*)
Макові (*Papaveraceae*)	Чистотіл великий (*Chelidonium majus*)
Хвощеві (*Eguisetaceae*)	Хвощ річковий (*Eguisetum fluviatile*)
Фіалкові (*Violaceae*)	Фіалка болотна (*Viola palustris*)
Мезофіти:	
Шорстколисті *(Boraginaceae)*	Медунка темна *(Pulmonaria obscura)* Незабудка польова *(Myosotis arvensis)* Синяк звичайний *(Echium vulgare)*
Складноцвіті *(Asteraceae)*	Ромашка без'язичкова *(Matricaria perforata)* Нечуй-вітер волохатенький *(Hieracum pilosella)* Королиця звичайна *(Leucanthemum vulgare)* Деревій звичайний *(Achillea millefolium)*
Капустяні *(Brassicaceae)*	Гірчиця польова *(Sinapis arvensis)*

Макові *(Papaveraceae)*	Мак дикий *(Papaver rhoeas)*
Розові *(Rosaceae)*	Приворотень струнký *(Alchemilla gracilis Opiz.)*
Злакові *(Poaceae)*	Трясучка середня *(Briza media)* Тимофіївка лучна *(Phleum pratense)* Бромус м'який *(Bromus mollis)* Тонконіг лучний *(Poa pratensis)*
Гречкові *(Polygonaceae)*	Гірчак звичайний *(Polygonum aviculare)*
Бобові *(Fabaceae)*	Горошок мишачий *(Vicia cracca)* Конюшина лучна *(Trifolium pratense)*
Букові (*Fagaceae*)	Дуб звичайний (*Quercus robur*)
Липові (*Tiliaceae*)	Липа серцелиста *(Tilia cordata)*
Березові (*Betulaceae*)	Граб звичайний *(Carpinus betulus)*
Ксерофіти	
Чистові *(Cistaceae)*	Сонцецвіт яйцевидний *(Helianthemum vatum)*
Бобові (*Fabaceae*)	Люцерна хмелевидна *(Medikago lupulina)*
	Верблюжа колючка *(Alhagi angustifolia)*
Товстолисті (*Grassulaceae*)	Очиток їдкий *(Sedum acre)*
	Молодило руське *(Sempervivum ruthenicum)*
	Родіола рожева *(Rhodiola rosea)*
Злакові *(Poaceae)*	Пирій повзучий *(Elytrigia repens)*
	Костриця східна *(Festuca orientalis)*
	Ковила пірчаста *(Stipa pennata)*
	Тонконіг лучний *(Poa pratensis)*
Складноцвіті (*Asteraceae*)	Полин кримський *(Artemisia taurica)*
Хвойникові (*Efedraceae*)	Ефедра двоколоса *(Ephedra distachya)*

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Яке значення води в природному середовищі ?
2. Схарактеризуйте фізико-хімічні властивості води.
3. Назвіть складові частини водного балансу рослин.
4. Характерні особливості рослин різних екологічних груп за відношенням до вологості ґрунту.
5. Що таке мезофіти?
6. Які ознаки ксерофітів?
7. Що ви знаєте про гігрофіти ?
8. Дайте порівняльну характеристику гідрофітам та гідатофітам.

Практична робота № 12.

Екологічні групи рослин за відношенням до родючості ґрунту

Обладнання, об'єкти, матеріали*: світловий мікроскоп, пінцети; гербарні зразки рослин; визначник рослин.*

Основні відомості. Ґрунт є активним середовищем живлення рослин і складається з органічних, мінеральних і органо-мінеральних компонентів, із яких під дією абіотичних і біологічних процесів продукуються доступні для рослин поживні речовини. Саме вони — основна складова частина, що характеризує родючість ґрунту. Вона зумовлюється здатністю ґрунту забезпечувати рослини водою, повітрям (киснем), теплом (для коренів) і сприятливими фізичними та фізико-механічними умовами для росту й розвитку рослин. Родючість ґрунту — основна якісна ознака його, яка відрізняє ґрунт від гірської породи та пасивного субстрату.

Під час кореневого живлення рослини в основному поглинають із ґрунту хімічні елементи (макро-, мікро- й ультрамікроелементи), запас яких залежить від ємності вбирного комплексу твердої фази ґрунту й концентрації ґрунтового розчину.

Залежно від екологічних умов місцезростань і потреб в елементах мінерального живлення розрізняють рослини еутрофні, мезотрофні та оліготрофні.

Еутрофні рослини, або ***еутрофи*** — це рослини, дуже вимогливі до поживних речовин, їм необхідні ґрунти, багаті на мінеральні солі, Типові евтрофні рослини, наприклад, трапляються в дібровних лісах.

Мезотрофні рослини, або ***мезотрофи*** (наприклад, квасениця звичайна, різні види грушанок) — середньовимогливі до поживних речовин, ростуть на середніх за родючістю ґрунтах.

Оліготрофні рослини, або ***оліготрофи*** — маловимогливі до поживних речовин, можуть зростати навіть на дуже бідних ґрунтах. Вони поширені на сфагнових болотах (наприклад, журавлина, багно), у сухих соснових лісах (наприклад, верес).

Рослини сфагнових боліт належать до групи *оксилофітів*.

Названі вище терміни щодо трофності рослин використовують і для характеристики умов мінерального живлення водяних рослин. Зокрема, розрізняють водойми *еутрофні, мезотрофні, оліготрофні* й навіть *дистрофні* — ті, що не мають поживних речовин або містять токсичні речовини.

Особливу екологічну групу становлять рослини піщаних ґрунтів — *псамофіти*. Їхню морфологію та біологію перш за все зумовлює своєрідний механічний склад ґрунту і залежна від цього фактора екологічна ситуація.

Нарешті, є екологічна група рослин — *літофітів*, які в природних умовах освоїли тріщини голих скель, сухі кам'янисті осипи, скельні виступи й інші подібні екологічні ніші, де вони не відчувають істотної конкуренції вимогливіших особин.

Хід роботи

3. Розглянути гербарні зразки і записати представників різних екологічних груп рослин за відношенням до родючості ґрунту у три групи:

а) евтрофи; б) мезотрофи; в) оліготрофи.

Результати дослідження:

Родина	Вид
Еутрофи:	
Складноцвіті *(Asteraceae)*	Королиця звичайна *(Leucanthemum vulgare)*
Шорстколисті *(Boraginaceae*)	Медунка темна (*Pulmonaria obscura L.)*
Лілійні (*Liliaceae*)	Веснівка дволиста (*Majanthemum bifolium L.)*
Розові *(Rosaceae)*	Ожина сиза (*Rubus caesius L.)*
Маренові *(Rubiaceae*)	Маренка запашна (*Asperula odorata L.)*
Губоцвіті *(Lamiaceae*)	Зеленчук жовтий (*Galeobdolon luteum Huds)*
Звіробійні (*Hypericaceae)*	Звіробій крапчастий (*Hypericum maculatum Grantz)*
Злакові (*Poaceae)*	Грястиця збірна (*Dactilis glomerata L.)*
Мезотрофи:	
Гречкові (*Polygonaceae)*	Щавель горобиний (*Rumex acetosella L.)*
Злакові *(Poaceae*)	Пирій повзучий (*Elytrigia repens L.)* Пахуча трава звичайна (*Anthoxatum odoratum L)*
Китяткові *(Polygalaceae*)	Китятки звичайні (*Polygala vulgaris L.)*
Складноцвіті *(Asteraceae)*	Триреберник не пахучий (*Tripleurospermum inodorum L.)*
Ранникові (*Scrophulariaceae)*	Вероніка дібровна (*Veronica chamaedris L.)*
Оліготрофи:	
Ранникові *(Scrophulariaceae*)	Вероніка лікарська (*Veronica officinalis L.)*
Брусничні (*Vacciniaceae)*	Брусниця звичайна (*Vaccinium vitis-idaea L.)*
Жовтецеві *(Ranunculaceae*)	Анемона дібровна (*Anemone nemorosa L.)*

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Чому ґрунт є матеріальною основою існування біосфери ?
2. Поняття про ґрунт. Родючість ґрунтів. Типи ґрунтів?
3. Яке екологічне значення має абіотична складова ґрунту ?
4. Схарактеризуйте біотичні складові ґрунту.
5. Екологічні групи рослин за відношенням до родючості ґрунту?
6. Що таке алелопатія? Назвіть речовини, що впливають на формування фітоценозів.

Практична робота № 13.

Екологічні групи рослин за відношенням до вмісту хімічних сполук в ґрунті

***Обладнання, об'єкти, матеріали**: світловий мікроскоп, пінцети; гербарні зразки рослин; визначник рослин.*

Основні відомості. Вміст того або іншого елемента в тканинах рослин мінливий і може сильно змінюватися під впливом факторів зовнішнього середовища. Серед вищих рослин трапляються види, що різко відрізняються за вмістом у тканинах таких елементів, як **Na**, і **Ca,** у зв'язку з чим виділяють групи рослин *натрієфілів, кальцієфілів, кальцієфобів.* Окремі види здатні акумулювати певні елементи. Наприклад, морські водорості нагромаджують бром і йод; деякі злаки (кукурудза та інші) – золото і т.д. Ці видові особливості зумовлені характером ґрунтів у місцях походження й заселення видів, а також певною генетично закріпленою роллю, яку зазначені елементи відіграють в обміні речовин у рослинах.

Тому розрізняють екологічні групи рослин, залежно від їхньої потреби у тих чи інших елементах живлення.

Рослини, для нормального росту і розвитку яких необхідна велика концентрація азоту в ґрунті, відносять до *нітрофілів*, наприклад, хміль виткий, малина, кропива дводомна. *Нітрофільні рослини* рясно і добре зростають лише на ґрунтах, досить багатих на розчинні сполуки азоту, головним чином на солі азотної кислоти та амонію. Нітрофіли зростають, наприклад, на пасовищах, особливо в місцях стоянок худоби. Серед них багато рудеральних видів — супутників житла людини, як, наприклад, чистотіл, щириця. До них належать багато бур'янів (пирій, лобода, щириця), рослини сміттєвих місць (кропива, блекота, чортополох, кропива собача, полин гіркий), рослини, що виростають на лісових вирубках (іван-чай, малина та ін., які використовують солі азоту, що утворюються при розкладанні лісової підстилки і порубкових залишків), а також цінні кормові злаки і лугові бур'яни (борщівник, чемериця та деякі ін.). Серед культурних рослин нітрофілами є пшениця, льон, соняшник тощо. Нітрофіли є і серед нижчих рослин — мохів, водоростей, грибів, лишайників.

Ще один важливий складовий елемент ґрунту — кальцій, про який згадувалося вище. Він зумовлює структуру ґрунту, а також нейтралізує токсичну дію солей важких металів і хлоридів. Рослини карбонатних ґрунтів, що містять більш як 3 % карбонатів, називають *кальцефілами*, або *кальцієлюбами*. Сюди належать біла акація, бавовник, виноград, маслина, а також усі рослини, що ростуть на відкладах крейди – більшість бобових, у тому числі квасоля, боби, конюшина.

Рослини, що уникають вапнякових субстратів, називають *кальцефобами* (береза бородавчаста, сфагнові мохи, росичка, журавлина, люпин, білоус, щавлик та ін.). Вони одночасно є і ацидофілами, тому що з надлишком кальцію пов'язана лужна реакція ґрунту. Є також рослини *індиферентні*, байдужі до вмісту кальцію (роман напівзафарбований).

За реакцією на кислотність ґрунту (pH) розрізняють такі групи рослин, як *ацидофіли, базифіли* та *індиферентні*.

Засоленість ґрунту, тобто вміст у ньому деяких легкорозчинних солей, також впливає на розвиток рослин. Надлишок солей в ґрунтовому розчині токсичний для більшості рослин. У незначних кількостях солі виконують функцію мінерального живлення, а при високих концентраціях є екзогенним стресовим фактором. За відношенням до цього фактора рослини поділяють на **галофіти** та **глікофіти.**

Галофіти добре витримують засолення, тому вони часто трапляються на узбережжях морів та океанів, на інших засолених ґрунтах. Вони часто відчувають нестачу вологи, тому їхні тканини набули ознак ксероморфності. Деякі з галофітів мають навіть ознаки сукулентності, тобто мають товсті великі (солонець європейський) або дрібні (тамарикс) соковиті листки.

Залежно від фізіологічних особливостей та шляхів адаптації до засолення галофіти поділяють на такі різновиди:

• *еугалофіти,* або *солянки* — це рослини кумулятивного типу, які без шкоди для себе здатні нагромаджувати в клітинах значну кількість солей (різні види солянки, солерос європейський). Висока солестійкість цитоплазми еугалофітів дає змогу їм поглинати та нагромаджувати значну кількість солей (до 50 % від маси зольних елементів). Залишки рослинних опадів еугалофітів ще більше сприяють засоленню поверхневих шарів ґрунту;

• *криногалофіти* (солевидільні галофіти) — група рослин, здатних виділяти назовні велику кількість поглинутих солей у вигляді концентрованого розчину через особливі сольові залозки (кермек, тамарикс);

• *глікогалофіти* (соленепроникні галофіти) — галофіти регуляторного типу, осмотичний потенціал клітин яких підтримується не йонами, а органічними речовинами, наприклад у різних видів полину. Це ксероморфні види степів, напівпустель, коренева система яких мало проникна для солей завдяки особливостям мембран.

Глікофіти зростають лише на незасолених ґрунтах, оскільки навіть за слабкого засолення їхній ріст різко пригнічується і вони гинуть.

Хід роботи

1.Розглянути гербарні зразки і записати представників різних екологічних груп рослин за відношенням до вмісту хімічних сполук в ґрунті:

а) кальцієфіли,

б) кальцієфоби (ацидофіли),

в) нітрофіли.

г) індиферентні види,

Результати дослідження:

Родина	Вид
Кальцієфіли:	
Складноцвіті *(Asteraceae)*	Любочки осінні *(Leontodon autumnalis L.)*
Хрестоцвіті *(Brassicaceae)*	Жеруха лучна (*Cardamine pratensis L.)*
Ранникові *(Scrophulariaceae)*	Очанка пряма (*Euphrasia stricta D.Woff Lehm)*
Бобові *(Fabaceae)*	Лядвенець рогатий *(Lotus corniculatus L.)*
Молочайні *(Euphorbiaceae)*	Молочай карніолійський (*Euphorbia carniolica Jacg)*

Злакові (*Poaceae)*	Костриця овеча (*Festuca ovina L.)* Тонконіг лучний (*Poa pratensis L.)*
Кальцієфоби (ацидофіли):	
Брусничні (*Vacciniaceae)*	Брусниця звичайна (*Vaccinium vitis-idaea L.)* Чорниця (*Vaccinium myrtillus L).*
Звіробійні (*Hypericaceae)*	Звіробій звичайний (*Hypericum perforatum L.)*
Розові *(Rosaceae*)	Суниця лісова (*Fragaria vesca)*
Складноцвіті *(Asteraceae)*	Підбіл звичайний (*Tussilago farfara L.)*
Ситникові (*Juncaceae)*	Ситник скупчений (*Juncus comressus L.)*
Нітрофіли:	
Онагрові (*Onagraceae)*	Хаменерій вузьколистий (*Chamaenerion angustifolium L.)*
Розові (*Rosaceae)*	Малина (*Rubus idaeus L.)*
Жовтецеві *(Ranunculaceae*)	Жовтець їдкий (*Ranunculus acris L.)*
Кропивові (*Urticaceae)*	Кропива дводомна (*Urtica dioica L.)*
Індиферентні види	
Злакові (*Poaceae)*	Грястиця збірна (*Dactylis glomerata L.)*
Складноцвіті (*Asteraceae)*	Стокротки багаторічні (*Bellis perennis Lam.)*
Жовтецеві *(Ranunculaceae)*	Анемона дібровна (*Anemona nemorosa L.)*
Губоцвіті (*Lamiaceae)*	Глуха кропива біла (*Lamium album L.)* Горлянка повзуча (*Ajuga reptans L.)*

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Схарактеризуйте ґрунт як середовище мінерального живлення рослин.
2. Класифікація і коротка характеристика елементів кореневого живлення рослин.
3. Які ви знаєте екологічні групи рослин за вимогами до елементів мінерального живлення?
4. Перерахуйте рослини кальцієфіли. Охарактеризуйте рослини-нітрофіли.
5. Потреба рослин в елементах мінерального живлення.
6. Як впливає кислотність ґрунту (pH) на ріст і розвиток рослин?

СТІЙКІСТЬ РОСЛИН ДО НЕСПРИЯТЛИВИХ ЗОВНІШНІХ ВПЛИВІВ

Поширення рослин у природі залежить від їхньої спадковості, що є результатом впливу на рослини визначених умов зовнішнього середовища. Вологолюбність і тіневитривалість, жаростійкість, холодостійкість і інші екологічні особливості рослин виникли і сформувалися в процесі еволюції внаслідок тривалої дії на рослини даного виду зовнішніх умов.

Велике значення мають і зовнішні умови, у яких проходить розвиток (онтогенез) індивідуума. На рослинні організми, протягом життя впливають несприятливі зовнішні умови: низькі і високі температури, посуха, надмірна інсоляція, надлишок води і солей у ґрунті і т.д. При несприятливих умовах рослини виявляють стійкість до них. Це пристосованість їх до умов існування, складалося історично. Пізнання природи стійкості рослин дуже важливо як з теоретичної, так і з практичної точки зору.

Практична робота № 14.

Вплив концентрації розчину солей на проростання насіння

Обладнання, об'єкти, реактиви: *термостат, чашки Петрі, промитий пісок, фільтрувальний папір; насіння соняшнику, кукурудзи, цукрового буряка, пшениці, огірків; 1 М розчин NaCl.*

Основні відомості. Дикорослі й культурні рослини на вплив різних солей реагують неоднаково. Деякі рослини розвиваються навіть тоді, коли кількість розчинних солей становить 1 % і більше. Рослини, які ростуть на засолених ґрунтах, називають галофітами (від гр. "галс" – сіль і "фітон" – рослина).

Друга група рослин, які характеризуються дуже помітною чутливістю до впливу солей і не розвиваються на засолених ґрунтах, дістали назву глюкофітів (від гр. "глюкос" – солодкий).

Засолення ґрунтів зумовлює виникнення низького водного потенціалу, а тому вбирання води рослиною сильно затруднюється. Крім цього, шкідливий вплив солей спричинює глибокі порушення процесів обміну в рослині. Під впливом солей в рослинах порушується азотний і нуклеїновий обміни, накопичується аміак, путресцин кадаверін та інші токсичні для рослини проміжні продукти.

Хід роботи

В 4 чашки Петрі насипають по 50 г добре промитого піску. У першій чашці змочують пісок 10 мл 1 М розчину NaCl, у другій – 10 мл 0.1 М розчину NaCl, у третій – 10 мл 0.01 М розчину NaCl, а в четверту чашку наливають 10 мл водопровідної води (контроль). після цього відбирають 4 порції по 50 шт. досліджуваного насіння (бажано непошкодженого й однакового за розміром). Відібране насіння рівномірно розкладають у чашках Петрі, накривають їх кришками і ставлять у термостат для пророщування при відповідній температурі.

Через тиждень підраховують кількість пророслих насінин. міліметровою лінійкою вимірюють довжину надземної частини і корінців та знаходять середню величину з 10 вимірювань.

При проведенні даної роботи вивчають вплив різних концентрацій солей на проростання насіння таких порівняно стійких до засолення культурних рослин, як соняшнику, просо, цукровий буряк, кукурудза і не солестійких огірків, помідорів та ін. На підставі результатів досліджень роблять висновок про вплив різних концентрацій NaCl на проростання насіння та солевитривалість досліджуваних рослин.

Добуті результати записують за такою схемою:

Об'єкт	Концентрація розчину NaCl, М	Кількість пророслих насінин, %	довжина, мм	
			коріння, середнє з 10	стебельця, середнє з 10
	Вода (контроль)			
	0,01			
	0,1			
	1,0			
	Вода (контроль)			
	0,01			
	0,1			
	1,0			

Висновки:

Контрольні питання для СРС

1. Назвіть типи адаптацій рослинних організмів.
2. Що таке стійкість рослин, фітострес, адаптація ?
3. Поясніть імовірні механізми адаптації рослин на рівні клітини, цілісного організму, на популяційному рівні.
4. Які типи засолених ґрунтів ви знаєте? Охарактеризуйте їх.
5. Як поділяють рослини за відношенням до засоленості ґрунту ?
6. Яка реакція рослин різних екологічних груп на засолення ?
7. Чому культурні рослини не можуть розвиватись на засолених ґрунтах?

Практична робота № 15.

Ріст коренів пшениці в розчині чистої солі й у суміші солей (антогонізм іонів).

***Обладнання, об'єкти, реактиви**: термостат, 12 чашок Петрі, фільтрувальний папір; насіння пшениці, промите попередньо проточною водою або 0,1 % розчином $KMnO_4$; 0,12 н розчини солей KCl, NaCl і $CaCl_2$, 0,1 % розчин $KMnO_4$.*

Основні відомості. Для нормального росту і розвитку рослин необхідний живильний розчин з різними аніонами і катіонами у визначеній комбінації. Розчин однієї чистої солі різко гнітить ріст і розвиток рослин. При змішуванні у визначених співвідношеннях, завдяки антагонізмові іонів, шкідлива дія солей взаємно знищується. Розчини, складені з урахуванням антагоністичних взаємин звуться фізіологічно урівноваженими. Механізми, що лежать в основі антагонізму іонів, ще цілком не розкриті, але вони зв'язані з фізико-хімічними змінами протоплазми під впливом окремих іонів.

Хід роботи

1. У чашки Петрі помістити в 2-3 шари фільтрувальний папір і налити по 10 мл розчинів чистих солей і їхніх сумішей. Контроль – водопровідна вода (6-та чашка). Дослід проводити у дворазовій повторності (6×2=12 чашок).

Схема досліду:

	Номер варіанта				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Розчин	KCl	NaCl	$CaCl_2$	KCl+$CaCl_2$	KCl+NaCl+$CaCl_2$
Співвідношення солей	-	-	-	3 : 1	2 : 1 : 1

2. У чашки Петрі на фільтрувальний папір помістити по 50 насінин пшениці, розподіливши їх рівномірно по всій поверхні. Поставити в термостат, пророщувати при 20° С.

3. Через 7 днів визначити сумарну довжину корінців кожного проростка. Розрахувати середнє для кожного варіанта, дані занести в таблицю і зобразити графічно, прийнявши за 100% контроль.

Варіант	Довжина коренів, середнє з 50-ти вимірювань, мм	% до контролю
Контроль – вода		100
KCl		
NaCl		
$CaCl_2$		
$CaCl_2$+KCl		
$CaCl_2$+KCl_4NaCl		

Рис.

Висновки:

Контрольні питання для СРС

1. Поясність зв'язок між адаптацією та стійкістю рослин.
2. Потреба рослин в елементах мінерального живлення.
3. Взаємодія іонів (антагонізм, синергізм, адитивність).
4. Чим зумовлена стійкість рослин до забруднення важкими металами?
5. Фізіологічні основи застосування добрив.
6. Елементи мінерального живлення як можливе джерело забруднення навколишнього середовища.

Практична робота № 16.

Визначення спекостійкості рослин (за Ф. П. Мацковим)

Обладнання, матеріали, об'єкти: *водяна баня, кристалізатори (7 штук), термометри, пінцети, мірні циліндри місткістю 50-100 мл; 0,2 н. розчин соляної кислоти; свіжі листки досліджуваних видів рослин.*

Основні відомості. Стійкість проти перегріву (впливу високих температур) називають спекостійкістю рослин. Високою для вегетативних органів рослин є температура 40-60° С. При високих температурах у рослин виникають патологічні порушення обміну речовин. У багатьох видів у процесі еволюції виробилась одночасно здатність переносити високі температури і помітне зневоднення, оскільки ці несприятливі умови в природі майже завжди поєднуються. Як і попередній метод (ексикаторний), визначення спекостійкості рослин за Ф. П. Мацковим має певне значення для характеристики їх посухостійкості. Він ґрунтується на властивості протоплазми протистояти високій температурі. При відмиранні клітини й коагуляції білків протоплазми соляна кислота, проникаючи в клітину, витісняє магній з молекули хлорофілу, в результаті чого утворюється феофітин (бурого кольору), тоді як неушкоджені клітини залишаться зеленими.. Про ступінь спекостійкості рослин роблять висновок за кількістю бурих плям, які утворюються на рослині, і оцінюють за п'ятибальною шкалою. Вивчаючи спекостійкість, доцільно досліджувати рослини різних екологічних груп.

Цей метод можна застосувати тільки до рослин, які мають нейтральну реакцію клітинного соку. У рослин, що мають кислий клітинний сік, феофітинізація може відбутися і без обробки соляною кислотою, тому що при порушенні напівпроникливості тонопласта, органічні кислоти проникають із клітинного соку в цитоплазму і витісняють магній з молекули хлорофілу.

Хід роботи

1. Нагріти водяну баню до 40^{o} С і занурити в неї по 25 листків кожного виду досліджуваних рослин і витримати у воді протягом 30 хв.
2. Вийняти по 3 листки кожного виду рослин і тимчасово перенести у кристалізатор з холодною водою.
3. Підняти температуру водяної бані до 45^{o} С і через 15 хвилин після цього беруть другу пробу, яку також переносять у холодну воду.
4. Так поступово довести температуру до 70^{o} С, беручи проби через кожні 15 хвилин при підвищенні температури на 5^{o} С.
5. Після цього воду в кристалізаторах замінити 0,2 н. розчином HCl і через 10-20 хв. вивчити ступінь ушкодження листків за кількістю бурих плям, що з'явилися.
6. Результати записати в таблицю, позначивши ступінь побуріння у відсотках: відсутність побуріння (0%) – **0**, слабке побуріння (до 25%) – **25**, середнє (від 25 до 50%) – **50**, сильне (від 50 до 75%) – **75**, суцільне побуріння (від75 до 100%) – **100**.
7. Зробити висновок про ступінь спекостійкості досліджуваних видів рослин.

Результати експерименту:

Об'єкт	Ступінь ушкодження листків (у %) при температурі						
	40° С	45° С	50° С	55° С	60° С	65° С	70° С

Опис отриманих результатів та **висновки.**

Контрольні питання для СРС

1. Схарактеризуйте реакції рослин на посуху та високу температуру.
2. Що таке спекостійкість рослин ?
3. Які максимальні температури витримують рослини ?
4. Як можна визначити спекостійкість рослин ?
5. Посухостійкість рослин. Ґрунтова й атмосферна посуха.
6. Шкідливого впливу яких факторів зазнають рослини під час атмосферної й ґрунтової посух ?
7. Які методи визначення посухостійкості рослин вам відомі ?
8. Пристосування ксерофітів до посухи.
9. Адаптивні реакції на стрес. Білки теплового шоку.

Практична робота № 17.

Виявлення захисної дії цукрів на цитоплазму живих клітин при низьких температурах

Обладнання, реактиви, об'єкти: *мікроскопи, предметні стекла і накривні скельця; бритви, ланцети, термометр до 25 °С, кристалізатори, шпателі, пробірки, піпетки місткістю 5 і 10 мл, скляні банки місткістю 1 л, воскові олівці, фільтрувальний папір, сніг або лід; кухонна сіль; 1 М розчин сахарози; 8%-й розчин NaCl; столовий буряк.*

Основні відомості. Згідно з сучасними уявленнями, здатність рослин переносити вплив низьких мінусових температур, закладена в спадковій основі організму. Проте морозостійкість визначається не тільки спадковою природою рослин, але й впливом конкретних умов навколишнього середовища.

Основна пагубна дія морозу на рослинний організм пов'язана з утворенням льоду. Причому кристали льоду утворюються як в середині клітин, так і в міжклітинниках. При швидкому зниженні температури лід утворюється всередині клітини. У цьому випадку руйнується структура цитоплазми і клітина гине. При поступовому зниженні температури кристали льоду спочатку утворюються в міжклітинниках. Вони відтягують воду з клітини і одночасно виявляють механічний тиск на цитоплазму. Якщо клітина не загартувалася, то цитоплазма внаслідок зневоднювання і механічного тиску льоду може загинути.

Різке підвищення морозостійкості рослин відбувається в результаті проходження ними процесів загартування. За І. І. Тумановим, процес загартування рослин потребує певного комплексу умов навколишнього середовища і відбувається протягом двох фаз. Особливе значення в розвитку стійкості рослин до морозу має накопичення сахарози та інших олігосахаридів під час проходження рослиною першої фази загартування. Внаслідок накопичення цукрів в клітинах підвищується осмотичний тиск, знижується точка замерзання розчинів, уберігається від замерзання велика кількість води і цим самим зменшується кількість утворення кристаликів льоду. Накопичення цукрів стабілізує клітинні структури.

Отже, розчинні цукри відіграють важливу захисну роль проти згубної дії морозів на цитоплазму клітин.

Хід роботи

З очищеного коренеплоду столового буряка виготовляють 15—18 однакових за площею близько 10 мм^2 і близько 1 мм завтовшки зрізів. Виготовлені зрізи старанно промивають водою для видалення соку з пошкоджених клітин. Після цього беруть три пронумерованих пробірки і наливають у них по 5 мл в першу пробірку — води, в другу — 0,5 М розчину сахарози, в третю — 1,0 М. розчину сахарози. Потім занурюють у кожну пробірку по 5—6 промитих зрізів.

Поряд з цим, у кристалізаторі або іншій посудині виготовляють охолоджуючу суміш. Беруть три частини снігу або льоду і одну частину кухонної солі. Суміш добре перемішують шпателем (температура охолоджуючої суміші має бути близько -20°С). Після цього усі пробірки занурюють в охолоджуючу суміш (або в морозильну

камеру холодильника) і витримують там 15— 20 хв.

По закінченні експозиції пробірки виймають і вміщують в скляні банки з водою для відтаювання (вода повинна бути кімнатної, температури). Після відтаювання відмічають забарвлення рідини в пробірках і забарвлення зрізів та вивчають під мікроскопом на зрізах життєздатність клітин шляхом виявлення середньої кількості плазмолізованих клітин в полі зору мікроскопа під дією 8 %-го розчину NaCI.

Результати досліду записують за такою схемою:

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

На підставі результатів дослідження роблять висновок про захисну дію цукрів на цитоплазму клітин від морозів.

Опис отриманих результатів та висновки.

Контрольні питання для СРС

1. Адаптивні реакції на стрес. Стрес-білки.
2. Поясніть механізми формування холодо- та морозостійкості рослин.
1. Зимо- і морозовитривалість.
3. Фази загартовування рослин.
4. Що розуміють під морозостійкістю? Завдяки чому підвищується морозостійкість рослин ?
5. Як впливає розчин цукру на життєздатність рослин при низьких температурах ?
6. Поясніть причини загибелі озимих рослин під час зимівлі.

Практична робота № 18.

Захисна дія цукру при заморожуванні клітинного соку

Обладнання, реактиви, об'єкти: *терка, ланцети, термометр, кристалізатори, шпателі, пробірки, піпетки місткістю 5 і 10 мл, скляна банка місткістю 1 л, воскові олівці, фільтрувальний папір, марля; сніг або лід, кухонна сіль; 1 М розчин сахарози; 8%-й розчин NaCl; бульби картоплі різних сортів.*

Основні відомості. При замерзанні рослинних тканин у міжклітниках утворюються кристали льоду, що відтягують воду від цитоплазми. Якщо цитоплазма не має достатньої морозостійкості, то вона, не витримавши зневоднювання, а також механічного тиску кристалів льоду, коагулює. Стійкість колоїдів цитоплазми може бути підвищена захисними речовинами, серед яких важлива роль належить розчинним цукрам. Також мають значення видові чи сортові відмінності рослин.

Хід роботи

1. Натерти картоплю на тертці, відтиснути сік через марлю, профільтрувати.
2. У три пробірки налити по 3 мл соку, пронумерувати пробірки.
3. У першу пробірку додати до соку 1 мл 1 М розчину сахарози.
4. Перші дві пробірки занурити в суміш лід:сіль (3:1) з температурою –20^{o} С на 20 хвилин, або помістити у морозильну камеру холодильника на –20^{o} С на цей же час, третя пробірка – контроль, залишаємо при кімнатнійтемпературі.
5. Пробірки вийняти із льоду, помістити в скляну банку з теплою водою і простежити за станом білків клітинного соку. За ступенем коагуляції білків цитоплазми можна судити про стійкість клітин до низьких температур.
6. Зробити висновки.

Результати досліду:

Об’єкт	Контроль	Дослід (температура – 20^{o} С)	
	Клітинний сік	Клітинний сік	Клітинний сік + сахароза

Опис отриманих результатів та висновки.

Практична робота № 19.

Визначення життєздатності проростків озимої пшениці (за методом П.А.Власюка і М.А. Гурильової).

Обладнання, реактиви, об'єкти: *мікроскоп, ланцети, предметні та покривні скельця, препарувальні голки, піпетки, широкі склянки або кристалізатори, фільтрувальний папір; 0,3% розчин кислого фуксину; проростки озимої пшениці.*

Основні відомості. Часто виникає необхідність визначити ступінь життєздатності рослин, що перезимували на полях. Рослини можуть бути зеленими, але значна частина їх ушкоджена. Визначення життєздатності рослин проводиться фарбуванням стеблових конусів і зрізів розчином кислого фуксину (0,3 %). Метод заснований на здатності барвників по-різному забарвлювати живі та мертві клітини. Так, тетразол забарвлює живі клітини у малиновий, індигокармін – мертві у синій, а кислий фуксин – у рожево-червоний кольори.

Хід роботи

1. Промити 10 рослин озимої пшениці від ґрунту і помістити в склянку з водою таким чином, щоб вузол кущіння був занурений на 0,5 см.
2. З нижньої частини стебла на відстані 0,5 см від вузла кущіння бритвою зробити тонкі поздовжні надрізи (5 зрізів).
3. Помістити зрізи голкою на предметне скло в краплю 0,3% розчину кислого фуксину.
4. Через 15 хвилин змити розчин фуксину і добре промити зрізи водою.
5. Накрити зрізи покривним скельцем і розглянути під мікроскопом при малому збільшенні (120 разів).
6. Визначити життєздатність рослин за ступенем фарбування, дані занести в таблицю і зробити висновки.

Результати досліду:

№ рослин	Ступінь життєздатності		
	Незабарвлені	Слабо зафарбовані	Сильно зафарбовані
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Висновки:

Контрольні питання для СРС

2. Стійкість як пристосування рослин до умов існування.
3. Адаптивні реакції на стрес.
4. Зимо- і морозовитривалість. Фази загартовування рослин.
5. Назвіть причини загибелі озимих рослин під час зимівлі.

Практична робота № 20.

Життєві форми рослин. Класифікація життєвих форм

Обладнання, матеріали, об'єкти*: пінцети, світловий мікроскоп, визначник рослин; гербарні зразки рослин.*

Основні відомості. *Життєва форма рослин* — морфологічна будова рослин, що склалася у процесі еволюції і відображає у зовнішньому вигляді пристосування їх до умов життя.

Серебряков розробив докладну схему філогенетичних відношень покритонасінних і хвойних рослин. Серед насінних рослин виділяють 8 типів життєвих форм:

1. дерева,
2. кущі,
3. кущики,
4. півкущі і півкущики,
5. полікарпічні трави,
6. монокарпічні трави,
7. земноводні трави,
8. плаваючі і підводні трави.

Оригінальну класифікацію життєвих форм розробив датський вчений Раункієр. В основу її покладено адаптивні ознаки, пов'язані з виживанням рослин несприятливої пори року. Характерним показником цього він вважає розташування бруньки відновлення рослин. Виділяється 5 груп:

1. фанерофіти,
2. хамефіти,
3. гемікриптофіти,
4. криптофіти,
5. терофіти.

Фанерофіти (від лат. *phaneros* – явний, *phyton* – рослина) — одна з життєвих форм рослин, бруньки відновлення яких розташовані високо над землею і захищені від вимерзання лусками. До фанерофітів відносять дерева (напр. дуб, бук, ясен, сосна, ялина) і кущі (крушина, ліщина, калина та ін.).

Хамефіти (від грец. *chamai* – на землі, внизу, низько, *phyton* – рослина) — невисокі рослини, бруньки відновлення яких знаходяться на зимуючих пагонах низько над землею (20-30 см) і захищені від вимерзання лусками, підстилкою та сніговим покривом. Наприклад: брусниця, верес, чорниця

Гемікриптофіти (грец. hemi – напів, *kryptos* – прихований, *phyton* – рослина) — трав'янисті багаторічники, бруньки відновлення яких закладаються близько до поверхні ґрунту й покриваються на зиму відмерлою надземною частиною. Наприклад: суниці, кульбаба, жовтець та хрінниця, чебрець.

Криптофіти (грец. *kryptos* – прихований, *phyton* – рослина) — життєва форма трав'янистих багаторічних рослин, у яких бруньки відновлення закладаються в бульбах, кореневищах, цибулинах і знаходяться під землею або в іншому субстраті. Напр. картопля, конвалія, тюльпан та ін.

Геофіти (грец. *ge* – земля, *phyton* – рослина) — види, у яких бруньки відновлення розміщені на підземних органах (цибулинах, кореневищах, коренях).

Гелофіти (грец. *helos* – болото, *phyton* – рослина) — рослини боліт та прибережжя, бруньки відновлення у яких знаходяться нижче дна водоймища.

Гідрофіти (грец. *hydor* – вода, *phyton* – рослина) — рослини, що прикріплені до ґрунту і нижньою частиною занурені у воду, бруньки відновлення зимують на дні водойм. Наприклад, стрілолист, очерет, та ін.

Терофіти (грец. *theros* – літо і *phyton* – рослина) — однорічні рослини, які зимують у вигляді насіння або спор. Наприклад, грицики, коноплі, жито, пшениця, овес, мак та ін. однорічні рослини).

Хід роботи

Розглянути гербарні зразки і визначити представників різних життєвих форм рослин за різними класифікаціями. Записати екологічні групи рослин за Раункієром:

Результати дослідження:

Гемікриптофіти:	Хвощ польовий (*Equisetum arvense L.*) Безщитник жіночий (*Athyrium filix-femina (L.)* Жовтець повзучий (*Ranunculus repens L*) Калюжниця болотна (*Caltha palustris L*) Гравілат річковий (*Geum urbanum L.*)
Криптофіти:	Молочай карніолійський (*Euphorbia carniolica Jacq)* Зубниця бульбиста (*Dentaria bulbifera L.)* Маренка запашна (*Asperula odorata L)* Конвалія травнева (*Convallaria majalis L.)*
Терофіти:	Підмаренник звичайний (*Galium aparine L)* Латук дикий (*Lactuca serriola Torner.)* Череда трироздільна (*Bidens tripartita L.)*
Фанерофіти:	Калина звичайна *(Viburnum opulus L.)* Свидина кровяна *(Swida sanguinea (L.)Opis.)*
Нанофанерофіти	Бузина чорна *(Sambucus nigra L.)*
Хамефіти	Зеленчук жовтий *(Galeobdolon luteum Huds.)* Барвінок малий (*Vinca minor L.)*

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Класифікація життєвих рослин за Серебряковим.
2. Класифікація життєвих форм рослин за Раункієром.
3. Які ознаки характерні для фанерофітів, для гемікриптофітів?

Розділ ІІ. ФІТОІНДИКАЦІЯ

Практична робота № 21.

Визначення стану довкілля за площею листків дерев на вулицях міста

Обладнання, матеріали, об'єкти*: пакети, електронні ваги, папір, листки дерев.*

Основні відомості. Усі метамерні органи рослин реагують на забруднення середовища або абіотичні фактори. Ростові процеси у рослин складаються із численних підпроцесів і фактично є сумарними. Рослини здатні до великої мінливості (особливо розміри листя) і діапазон їх (норми-реакції) дуже широкий.

Існує декілька методів вимірювання площі листків: ваговий, за допомогою світлочутливого паперу, підрахунку квадратиків на міліметровому папері, планіметричний. Модифікацією вагового методу є розробка Л.В.Дорогань (1994), де попередньо для деревної породи визначають перевідний коефіцієнт, а потім шляхом вимірювання довжини й ширини листка проводять підрахунок площі листка.

Хід роботи

Зріжте 20-25 листків (краще всього на початку вересня) з кожної деревної породи, що ростуть у різних екологічних умовах, складіть у пакети, а потім засушіть між листками газетного паперу. Це дає можливість провести роботу у зимовий період. Встановлення перевідного коефіцієнта основане на порівнянні маси квадрата паперу з масою листка, який має таку саму довжину й ширину. Для цього візьміть папір (краще в клітинку), обкресліть квадрат, що дорівнює довжині та ширині листка, а потім акуратно обмалюйте його контур. Обчисліть площу квадрата паперу, виріжте й зважте його, потім виріжте контур листка і також зважте.

З одержаних даних обчисліть перевідний коефіцієнт за формулами:

$$K = \frac{S_л}{S_{кв}} \qquad S_л = \frac{P_л \cdot S_{кв}}{P_{кв}}, \text{ де}$$

K – перевідний коефіцієнт;
S – площа листка (л) або квадрата паперу (кв);
P – маса квадрата паперу (кв) або листка (л).

Вираховування коефіцієнту проведіть на основі вимірювання 7-8 листків. Таким же підрахунком установіть його окремо для кожного виду рослин. Приблизно він дорівнює: для берези – 0,64; для яблуні – 0,71-0,72; для тополі – 0,60-0,66.

Потім виміряйте довжину (А) та ширину (В) кожного листка і помножте на перевідний коефіцієнт (К): $S = A \cdot B \cdot K$.

Отримайте ряд значень площі листків для кожної деревної породи в різних екологічних умовах. Для кожного ряду підрахуйте середньоарифметичні величини і порівняйте між собою.

Результати запишіть у таблицю

Місце відбору / Об'єкт дослідження												
	К	А	В	S	К	А	В	S	К	А	В	S
Місце відбору / Об'єкт дослідження												
	К	А	В	S	К	А	В	S	К	А	В	S

У випадку великої вибірки побудуйте варіаційні криві зустрічності листків певної площі в різних умовах середовища. При цьому всі ряди по площі листків розбийте на класи від самого маленького листка до самого великого з однаковим кроком між класами. Установіть різницю у діапазоні зустрічності для маленьких і великих листків.

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Які органи рослин реагують на забруднення середовища?
2. За якою формулою обчислюють перевідний коефіцієнт?
3. Як вимірюють площу листків?
4. Що таке стійкість рослин, фітострес, адаптація ?
5. Що таке газостійкість ?
6. Який характер адаптивних перебудов метаболізму рослин у стресових умовах ?
7. Яка роль біополімерів у формуванні стійкості рослин?

Практична робота № 22.

Визначення стану навколишнього середовища за ознаками хвої у хвойних

***Обладнання, матеріали, об'єкти**: ваги технохімічні, різноважки, лінійки, вимірювальні і прості лупи зі збільшенням в 4-10 разів, термостат; гілки одного виду хвойних, які проростають в міських посадках або в зоні впливу металургійних підприємств, ТЕС та ін.; гілки взяті у відносно чистій зоні позаміських територій.*

Основні відомості. Відомо, що на забруднення середовища найсильніше реагують хвойні деревні рослини. Характерними ознаками неблагополуччя навколишнього середовища і особливо газового складу атмосфери слугує поява різного роду хлорозів і некрозів, зменшення розмірів ряду органів (довжини хвої, пагонів поточного року і минулих років, їх товщини, розміру шишок, скорочення величини і числа закладених бруньок), зменшення галуження. Через гальмування росту пагонів і хвої в довжину в забрудненій зоні спостерігається зближення відстані між хвоїнками (на 10 см пагона їх більше, ніж в чистій зоні). Спостерігається потовщення самої хвої, зменшується тривалість її життя (1-3 роки в забрудненій зоні і 6-7 років – у чистій). Вплив забруднення викликає також стерильність насіння (зменшення його схожості). Всі ці ознаки не специфічні, але в сукупності дають доволі об'єктивну картину.

Хвойні зручні тим, що можуть слугувати біоіндикаторами цілий рік. У лісознавстві давно розроблена оцінка стану навколишнього середовища за комплексом ознак у хвойних, при якій використовуються не тільки морфологічні ознаки, які досить мінливі, але і ряд біохімічних змін.

Використання хвойних дає можливість проводити біоіндикацію на великих територіях. Хвойні – основні індикатори, які застосовувались для оцінки стану лісів Європи. Їх використання також досить інформативне на малих територіях (наприклад, вплив автодороги на прилеглу зону, якщо вона примикає до хвойного лісу; стан навколишнього середовища в міських екосистемах різного рангу і характеру).

Хід роботи

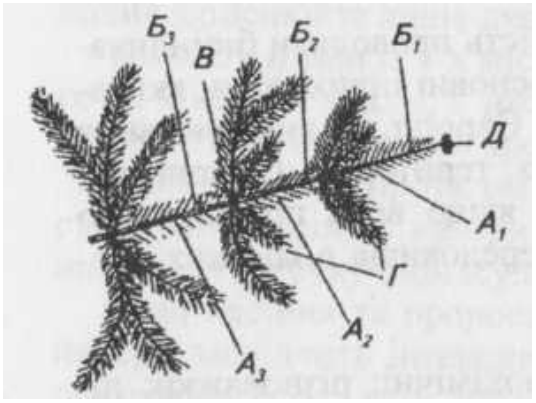
За завданням викладача, за тиждень до занять, зріжте гілки умовно одновікових хвойних дерев, найбільше поширених у даній місцевості (наприклад, для міських умов – ялина звичайна і ялина голуба колюча). Гілки зрізають на висоті 2м з певної частини крони, повернутої до зон із забрудненим повітрям (поблизу автодоріг, підприємств, особливо з викидами у повітря сірчистого газу, на який хвойні сильно реагують). Контролем слугують гілки з умовно одновікових дерев, зібраних в чистій зоні заповідника, зеленій зоні міста або в посадках лісових культур.

Вивчення хвої. Хвою розгляньте за допомогою лупи, замалюйте виявлені *хлорози, некрози* кінчиків хвоїнок і всієї поверхні, їх відсоток і характер (точки, крапчастість, плямистість, мозаїчність). Найчастіше пошкоджуються дуже чутливі молоді голки. Колір пошкодження може бути дуже різним: червонувато-бурим, жовто-коричневим, буровато-сизим, і ці відтінки є інформативними якісними ознаками.

Виміряйте *довжину хвої* на пагоні минулого року, а також її ширину (в середині хвоїнки) за допомогою вимірювальної лупи. Використовуйте міліметровий па-

пір, встановіть ціну поділки лупи. Повторність 10-20-кратна, оскільки біометричні ознаки доволі мінливі.

Встановіть *тривалість життя* хвої шляхом огляду пагонів з хвоєю по вузлах (див. рисунок).

Рис. Частинки гілки хвойного дерева, що служать біоіндикаторами: $А_1$, $А_2$, $А_3$ – осьові пагони, першого, другого та третього років; $Б_1$, $Б_2$, $Б_3$ – хвоя першого, другого та третього року; В – вузол; Г – бокові пагони; Д – бруньки.	

Обчисліть *масу* 1000 штук абсолютно сухих хвоїнок. Для цього відрахуйте 2 рази по 500 штук хвоїнок, висушіть їх у термостаті до абсолютно-сухого стану і зважте.

*Зближення хвоїнок***.** В результаті погіршення росту пагона в забрудненій зоні пучки хвоїнок більш зближенні і на 10 см пагона їх більше, ніж в чистій зоні. Якщо пагін менший 10 см, підрахунок проведіть по існуючій довжині і переведіть на 10см. У всіх випадках вимірювання виведіть середнє. Дані (середнє з 10 вимірювань) занесіть у таблицю:

Місце збору	Вік хвоїнок	Довжина, см		Товщина, см		Розгалуження, шт.	Маса 1000 хвоїнок, г	К-ть хвоїнок на 10 см
		осьових пагонів	хвоїнок	осьових пагонів	хвоїнок			

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Які ознаки забруднення середовища проявляються на хвої?
2. Що викликає забруднення у хвойних рослин?
3. Яка властивість хвойних дає змогу спостерігати за ними протягом року?

Практична робота № 23.

Біотестування загальної токсичності ґрунту або криничної води за ростом коренів цибулі (*Allium cepa L.*)

Обладнання, матеріали, об'єкти*: піпетки, скляні палички, пінцети, ніж, банки, пробірки, фотопапір; цибуля(Allium cepa L.).*

Основні відомості. Цибулина – видозмінений підземний дуже вкорочений пагін (денце), до якого кріпляться зближені листки. Останні мають вигляд лусок, в яких накопичуються органічні речовини та вода. На верхівці денця є брунька, яка може розвиватися в надземний пагін або нову цибулину. Вниз від донця відходять корінці, які і є тест-об'єктом в даних дослідженнях.

Цей тест оцінює тільки водорозчинні компоненти зразку. Він є легким і чутливим способом виміру загальної токсичності, викликаної хімічними чинниками ґрунту, або криничної води. Показником токсичності виступає пригнічення росту коренів цибулі. Встановлено, що ріст корінців пригнічується при більш низьких концентраціях токсиканту, ніж проростання насіння.

Хід роботи

Підготуйте водні витяжки ґрунту, або проби колодязної води з різних місць даної урбоекосистеми. Для одержання водних витяжок ґрунту проби залийте водою на одну добу. Потім воду відфільтруйте і використовуйте для досліджень. Криничну воду використовуйте без фільтрування. Як контроль застосуйте відстояну протягом доби водопровідну воду.

Відберіть по 12 цибулин звичайної цибулі (*Allium cepa*) розміром 1,5см в діаметрі для кожного варіанту досліду. Для запобігання висихання коренів неочищені цибулини одна за одною укладіть в банку з чистою водою. Таким чином ви підготує цибулини до експерименту.

Видаліть гострим ножем жовто-коричневі зовнішні луски.

Для кожного досліджуваного варіанту підготуйте по 12 пробірок в штативі.

Вийміть усі цибулини з банки, помістіть їх на сухий фільтрувальний папір чи паперовий рушник і злегка підсушіть. Розмістіть по одній цибулині на верхівку кожної пробірки таким чином, щоби денце торкалось рідини в пробірці.

По закінченню 24 годин замініть старі водні витяжки ґрунту на нові з тих же пунктів забору. Повторіть цю процедуру ще через 24 години. На цей раз відкиньте з кожного варіанту по 2 цибулини з найменше розвинутими коренями. Отже, в кожному варіанті у Вас залишиться тепер по 10 цибулин.

Ще через 24 години (тобто через 3 доби від початку експерименту) виміряйте за допомогою лінійки довжину всіх 10 пучків коренів у кожному варіанті. Відкиньте особливо короткі або довгі корінці і розрахуйте середній показник довжини коренів 10 цибулин для кожного варіанту.

З метою вивчення можливості зворотного впливу, продовжуйте дослідження ще на додаткові 24 години. При цьому в кожному варіанті замініть воду в 5 пробірках на відстояну водопровідну воду, а в інших 5 пробірках знову зробіть заміну на свіжу воду відповідного варіанту. Через 24 години подивіться, чи покращився ріст коренів в 5 перших пробірках порівняно з 5 останніми. Якщо, це так, то це свідчить

про відновлення коренів і про більш-менш зворотній вплив токсичних речовин водної витяжки ґрунту чи криничної води.

Накресліть криву росту коренів для кожного варіанту. Середню довжину коренів відкладіть по осі ординат, а вздовж осі абсцис зазначте доби експерименту. Можна також представити результати у вигляді стовпчастих гістограм у відсотках від контролю.

Відмітьте витяжки, які зумовили найбільше пригнічення росту кореня

Результати експерименту бажано сфотографувати. Для цього візьміть по одній найбільш репрезентативній цибулинці з кожного варіанту. Розріжте їх навпіл. Покладіть половинки цибулинок зрізаним боком на фотопапір і сфотографуйте. Підпишіть номери варіантів та відповідні місця збору.

Довжина корінців цибулі, що проростала на криничній воді чи водних витяжках ґрунту, см

Місце відбору проб	На 3-ю добу, сер. з 10 проб			На 4-у добу, дослідна вода, сер. з 5 проб			На 4-у добу, водопровідна вода, сер. з 5 проб			Висновок*
	Найдовші	Найкоротші	Середнє	Найдовші	Найкоротші	Середнє	Найдовші	Найкоротші	Середнє	

***** Роблять висновок про зворотність токсичного впливу води, відмічаючи + чи –

Висновки за результатами досліду:

Контрольні запитання для СРС

1. Що таке токсичність? Чи згідні ви з результатами досліду?
2. Чим зумовлена стійкість рослин до загазованості атмосфери, забруднення середовища важкими металами, хімічними сполуками антропогенного походження ?
3. Схарактеризуйте радіаційний стрес.
4. Поясніть поняття радіочутливість і радіостійкість.

Рис.

Практична робота № 24.

Біотестування токсичності субстратів та води за проростками рослин-індикаторів

Обладнання, матеріали, об'єкти*: піпетки, скляні палички, пінцети, стаканчики, кювети, фільтрувальний папір; розчини гербіцидів, промитий та прокалений пісок, опади, ґрунт, подрібнений торф; тест-рослини: пшениця (Triticum), овес (Avena), ячмінь (Hordeum.), проростки деревних порід, які вирощують на навчально-дослідних ділянках; витяжка із ґрунту.*

Для дослідження твердих субстратів необхідно: пластмасові склянки, пінцети, трубочки для поливу, плівка; досліджуваний об'єкт, проростки тест-рослин.

Для дослідження води або інших рідких субстратів, наприклад, витяжки із ґрунту, необхідно: кювети (в якості невеликих пластмасових кювет можна використовувати чотирикутні ємності з-під сметани), пластмасові кришки до кювет з отворами, пінцет; проростки тест-рослин.

Для дослідження якості поливної води необхідно: стаканчики, кювети, фільтрувальний папір, промитий та прокалений пісок; проростки тест-рослин: пшениці, вівса, кукурудзи тощо.

Для дослідження води методом накрапування необхідно: водяна баня, стаканчики, трубочки для поливу, пісок або гумусний ґрунт; насіння дводольних тест-рослин: редис, салат і т.д.

Основні відомості. Техногенне надходження хімічних елементів у навколишнє середовище відбувається у вигляді газів, аерозолів і в складі стічних вод. Вони порівняно швидко накопичуються в ґрунті і вкрай повільно з неї виводяться. Істотне джерело забруднення ґрунту хімічними елементами – застосування добрив з шлаків, отриманих з промислових і каналізаційних очисних споруд.

Запропонований метод біологічної оцінки субстратів або розчинів проводиться в трьох варіантах:

I. Вирощування рослин на субстратах, токсичність яких потрібно оцінювати (ґрунт, вода).

II. Полив проростків досліджуваними розчинами (витяжка із ґрунту або стічні води різних підприємств) різної концентрації чи ступеня очистки.

III. Накрапування досліджуваного розчину між сім'ядолями дводольних рослин.

У перших двох варіантах можна використовувати різні тест-рослини: пшеницю (*Triticum*), овес (*Avena*), ячмінь (*Hordeum*), проростки деревних порід. Як тест-рослини у третьому варіанті використовують лише проростки дводольних: кресс-салат, салат травневий, редис та інші.

Хід роботи

1. Дослідження твердих субстратів (ґрунт, подрібнений торф). Субстрат однакової ваги закладіть в склянки, зволожте однаковою кількістю води. Насіння тест-рослин попередньо змочіть у відстояній і очищеній водопровідній воді, розкладіть на два шари фільтрувального паперу у велику кювету або чашки Петрі, помістіть у

термостат для пророщування при температурі +25-26°С. Коли довжина колеоптилів досягне 10-15 мм і з'являться корені, проростки розділіть на фракції по довжині і розсадіть по 10 рослин кожної фракції в склянку на досліджуваний субстрат. Контроль – субстрат, який беруть у відносно чистій зоні. Полив проводьте через трубочку відстояною і очищеною водопровідною водою.

Коли проростки досягнуть довжини 6 см (через 1-2 тижні) проведіть їх вимірювання і зважування. Проростки розділіть на частини (надземна частина, корені) і кожну частину виміряйте і зважте окремо. Як тестові об’єкти можна використовувати насіння практично будь-яких видів рослин.

2. Дослідження води та інших рідких субстратів (витяжка із ґрунту, опади, розчини гербіцидів та інші).

Воду можна використовувати в тому вигляді, в якому вона міститься у водоймі або сконцентровану випарюванням (тоді результати будуть особливо чіткими), а стічні води підприємств можна розбавляти.

Воду налийте у кювету, в кришці якої просвердліть отвори трохи менші від досліджуваного насіння. Кришка повинна ледь торкатись води. Можна використовувати тонкі пластинки (2-3 мм) з пінопласту з отворами, які плавають на поверхні води. В отвори вставте проростки так, щоб їх корені осягали води, і вирощуйте до довжини 6-10 см. Контролем служить відстояна й очищена водопровідна вода (пропущена через фільтр для очистки питної води).

Якщо досліди проводяться у жарку погоду, то досліджувану воду необхідно прокип'ятити для запобігання зараження її мікрофлорою, а над проростками створити каркас з нещільним плівковим покриттям. Це дасть можливість залишати проростки без нагляду на вихідні дні. Воду необхідно доливати по мірі використання її проростками. При використанні пластинок із пінопласту догляд за проростками спрощується. Після того, як проростки виростуть, вийміть їх з води, обсушіть фільтрувальним папером, визначте довжину і масу окремо надземної і кореневої частини. Результати опрацюйте статистично, виразіть у відсотках по відношенню до контролю, прийнятому за 100%. Побудуйте діаграми біотестових досліджень.

Таким же чином можна провести дослідження розчинених у воді токсичних речовин.

3. Метод поливу проростків тест-рослин досліджуваною забрудненою водою.

У стаканчики помістіть однакову кількість промитого та прожареного піску, висадіть у нього по 10 однакових проростків тест-рослин. Пісок поливайте зверху однаковими кількостями досліджуваної води. Повторність досліду – трикратна. Контроль – полив відстояною і очищеною водопровідною водою.

Після досягнення проростками висоти 8-10 см, викопайте їх, сполосніть від піску, обсушіть фільтрувальним папером, розділіть лезом на частини (стебло і корені), виміряйте і зважте. Дані опрацюйте статистично, виразіть у відсотках до контролю.

4. Метод накрапування досліджуваної води (або розчинів) між сім'ядолями.

Забруднені природні або стічні води концентруйте випарюванням у 10 раз, зберігайте у холодильнику. Можна також досліджувати витяжку ґрунту, водні розчини токсичних речовин (солей важких металів) у тій чи іншій концентрації, розчини пестицидів.

Стаканчики наповніть однаковою кількістю промитого і прожареного піску або ґрунту, вставте скляну трубочку до дна через яку проводьте полив відстояною водопровідною водою. Замість стаканчиків можна взяти пластикові коробки з кришкою. Тоді відпаде необхідність використання в подальшому ящика з фанери.

18-20 штук пророслого насіння висійте на невелику глибину. Після того як проростки зійдуть і розкриються сім'ядолі, в стаканчиках залишіть по 10 однакових рослин, решту вищипайте пінцетом. Усі стаканчики поставте в ящичок з фанери або картону з бортиками, на 5 см вище проростків у стаканчиках.

У мікропіпеток на 1 мл витягніть кінчик за допомогою пінцету, нагріваючи кінчик на полум'ї спиртівки. Потім загострiть кінчик на тонкозернистому брусочку, щоб утворився отвір, який дає невелику краплю. Можна використовувати медичний одноразовий шприц із тоненькою голкою. Накапайте по 1 краплі досліджуваної речовини між сім'ядолями, прикрийте ящичок плівкою, не рухаючи стаканчик з місця. Операцію повторіть 2-3 рази через 1-2 дні (до появи третього справжнього листка). Контроль – накапування дистильованою водою.

Полив субстрату для вирощування проводьте однаковими кількостями води через трубочку, використовуючи лійку з фольги.

Через 2-3-4 тижні обережно викопайте проростки, промийте, обсушіть фільтрувальним папером, виміряйте і зважте окремо надземну частину і корені. Дані опрацюйте статистично, виразіть у відсотках до контролю.

Отримані результати:

Назва методу дослідження Об’єкт дослідження	Надземна частина				Корені рослин			
	Висота, см	% до К	Вага, г	% до К	Довжина, см	% до К	Вага, г	% до К

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Як проводиться метод біологічної оцінки субстратів або розчинів?
2. Які рослини можна використовувати як тест-рослини?
3. З якою метою проводиться тестування субстратів і води?
4. Що ви знаєте про солестійкість та газостійкість рослин ?

Практична робота № 25.

Визначення забруднення навколишнього середовища пилом за його накопиченням на листкових пластинках рослин

***Обладнання, матеріали, об'єкти**: торсійні ваги, термостат, калька, вата, пінцети, фільтрувальний папір, лінійки, карта частини міста, садовий секатор на збірній штанзі, мікроскоп; листки тополі й інших видів міських рослин.*

Основні відомості. В умовах міст та інших обжитих територій одним із потужних забруднювачів повітря є пил, який переноситься на великі відстані при розпиленні ґрунтів, при викидах від цементних, керамічних заводів, підприємств по виробництву силікатної цегли, а також від автотранспорту, який рухається. В останньому випадку ці дрібні частинки ґрунту і різних солей, продукти зношування шин і подрібнення асфальтового покриття. Всі ці частинки, які складають пил, осідають на листках, вдихаються людиною, викликаючи порушення роботи дихальних шляхів, силікози, які провокують кашель і плач. Найбільша затримка пилу листками відмічено у різних видів тополі, які поширені в озеленених посадках міст. Тополя взагалі найбільш стійка із деревних порід до різних типів повітряних забруднень.

Хід роботи

Листки одного виду тополі, найбільш поширеного в місті (чорної, бальзамічної), відберіть на попередньо відмічених по карті місцях з висоти 1,5-2 м (висота шару повітря, яке вдихає людина) у 10-15-тикратному повторенні. Для цього використовуйте садовий секатор на збірній штанзі. Одночасно відберіть листки тополі, які проростають в чистій зоні (контроль). Листки помістіть в пакети із кальки і обережно доставте в лабораторію, уникаючи струшування пилу.

Далі дослідження проводять різними методами.

1. Визначення кількості пилу. У лабораторних умовах на торсійних або аналітичних вагах зважте шматочок вологої вати, загорнутої в кальку (до 0,001 г). Листок тополі добре вимокайте цією ватою з обох боків (розверніть кальку за допомогою пінцета), після чого вату зважте в кальці повторно. Масу пилу (P) розрахуйте як різницю між другим і першим зважуванням ($P=P_2-P_1$). Площу листка вирахуйте шляхом обміру листових пластинок вздовж (a) і впоперек (b) і помножте на перевідний коефіцієнт (k):

$$S = a \cdot b \cdot k$$

Коефіцієнт коливається для різних видів тополь від 0,60 до 0,66 (визначення коефіцієнта k див. у роботі №21). Кінцевий результат виглядає так:

$$m = \frac{P}{S} \text{ мг/см}^2\text{, де}$$

m – маса пилу на 1 $см^2$ листка.

2. Визначення ступеня забруднення. Фільтрувальний папір добре змочіть водою до стікання. Помістіть на нього листок верхньою поверхнею, а потім поряд – нижньою і прикрийте листком кальки або плівки. На фільтрі отримаєте відбиток, який оцініть візуально за ступенем забруднення (суцільне – 100%, наполовину –

50%). Для цієї ж мети можна використовувати клейку плівку “скотч”, яку накладіть на листок рослини, зніміть і приклейте до білого листка паперу.

3. Визначення кількості пилу. Зважте випарювальну чашку, налийте в неї дистильовану воду. Пил змийте з 30-50 листків добре змоченим пензликом у випарювальну чашку. Після чого сполосніть пензлик у цій воді. Воду випаруйте, чашку з пилом висушіть у сушильній шафі при температурі +105°С до постійної ваги, а потім зважте. Вирахуйте різницю у вазі чашок у кінці та на початку досліду. Кількість пилу розрахуйте в мг на $см^2$ листка.

4. Визначення токсичності пилу. Сухий пил розітріть скляною паличкою в чашці із розрахунку 10г пилу на 25$см^3$ води, профільтруйте, оцініть токсичність за реакцією з простішими.

5. Побудова карти забруднення пилом певної території. Отримані дані про забрудненість листків у різних екологічних умовах випишіть на дошку, порівняйте з контролем (приймається за 100%). Візьміть приблизну карту району або ділянки міста, на неї нанесіть дані по забрудненню листків, подібні за ступенем забруднення ділянки з’єднайте ізолініями. Розфарбуйте різними олівцями: *червоний* – зона найбільшого забруднення; *оранжевий* – сильного; *рожевий* – середнього; *слабо рожевий* – слабкого і зелений – чиста зона.

Результати дослідження:

Метод дослідження №1 Об’єкт дослідження	Вага, г			Площа листка, $см^2$	маса пилу на 1 $см^2$ листка
	абс. сухої вати+бюкс	абс. сухої вати+бюкс +пил	пилу		
Метод дослідження №3 Об’єкт дослідження	Вага, г			Площа листка, $см^2$	маса пилу на 1 $см^2$ листка
	абс. сухої чашки	абс. сухої чашки + пил	пилу		

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Загальне поняття про пилове забруднення. Види пилу.
2. Як переноситься пил? Де осідають пилові частинки?
3. Як утворюється пил, що входить до його складу?
4. Які види дерев є найбільш стійкими до пилового забруднення?

Практична робота № 26

Біоіндикація стану довкілля за відсотком зрілого насіння стручків робінії звичайної

***Обладнання, матеріали, об'єкти**: папір, калькулятор; стручки робінії псевдоакації (акації білої) з різних місць зростання.*

Основні відомості. *Біоіндикація* — оцінка якості природного середовища за станом її біоти. Біоіндикація базується на спостереженні за складом та чисельністю видів-індикаторів. Росли́ни-індика́тори, чи індика́торні рослини — рослини, яким властива різко виражена пристосованість до певних умов навколишнього середовища і які є виразниками цих умов. За наявністю таких рослин можна якісно або кількісно оцінювати умови зовнішнього середовища.

Хід роботи

У жовтні місяці зберіть стручки робінії псевдоакації (акації білої) біля певного джерела техногенного забруднення та на одній із відносно чистих вулиць, розміщених у тому ж кварталі. У зібраних стручках визначте загальну кількість утворених насіннєвих зачатків і ту кількість з них, яка перетворилася на зріле насіння. Результати занесіть до таблиці.

Схема запису результатів дослідження

Місце відбору (Техногенне джерело, назва відносно чистої вулиці тощо)	Загальна кількість насіннєвих зачатків	К-ть насіннєвих зачатків, перетворених на зріле насіння	Відсоток зрілих насінин

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Яка з обраних вами вулиць є відносно чистою?
2. У якому місці зростання виявлена найменша кількість зрілого насіння?
3. Що ви знаєте про біоіндикацію?
4. Схарактеризуйте різні стійкості рослин до хвороб.
5. Що ви знаєте про збудників хвороб рослин ?

Практична робота 27

Дослідження стану листків деревних рослин у різних зонах міста

***Обладнання, матеріали, об'єкти**: секатор садовий зі штангою для підйому його до крони дерева, паперові пакети великих розмірів, морилка для збору комах; листки деревних рослин.*

Основні відомості. При дослідженні змін листків у деревних рослин, насаджених у межах міста слід звернути увагу на зміну їх забарвлення, наявність і тип некрозів, початок дефоліації, тощо. Детальний опис різновидностей цих змін наводиться нижче.

Зміна забарвлення листків — це є в більшості випадків неспецифічною реакцією на різні стресори:

Хлороз – бліде забарвлення листків між жилками, наприклад, у рослин на відвалах, які залишаються після добування важких металів, або соснової хвої при слабкому впливі різних шкідливих газів (така реакція іноді зворотна в молодих листків);

Пожовтіння країв або певних ділянок листків (наприклад, у листяних дерев під впливом хлоридів);

Почервоніння – накопичення антоціану у вигляді плям на листках смородини та гортензії під впливом SO_2.

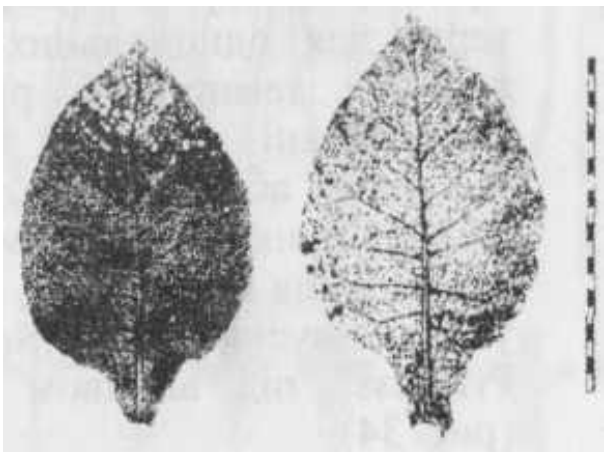
Побуріння або *побронзовіння* у листяних дерев, часто початкова стадія тяжких некротичних пошкоджень; у ялин та сосен така реакція слугує для подальшої ідентифікації зон димових пошкоджень;

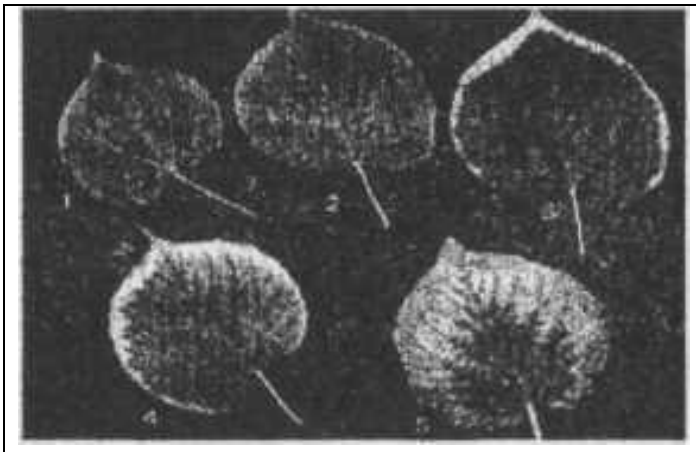
Зміни забарвлення, при яких листки справляють враження мовби *просякнутих водою* (часто – перші стадії некрозів; є подібність із морозними пошкодженнями), а також поява *сріблястого забарвлення* поверхні листків.

Некрози – відмирання певних ділянок тканини – важливі симптоми пошкоджень при індикації забруднень, іноді доволі специфічні. Необхідно розрізняти:

Точкові та *плямисті* некрози – відмирання тканин листкової пластинки у вигляді точок або плям; наприклад, дуже характерні сріблясті плями після впливу озону в тютюну сорту BeI W3, а також у *Urtica urens* та *Begonia semperflorens*;

Міжжилкові некрози – відмирання листкової пластинки між боковими жилками першого порядку; часто як реакція на вплив SO_2;

	Рис. 1 Плямисті некрози ("сріблясті плями") листків тютюну Nicotiana tabacum Bel W3 як характерний симптом пошкодження озоном. На молодих листках некрози утворюються лише біля верхівок.
1 2 3	



4 5

Рис. 2. Бонітувальна шкала крайових некрозів листків лип, пошкоджених сіллю для розтоплення льоду: 1 - пошкодження відсутні; 2 - крайовий хлороз; 3 - сильний хлороз листової пластинки, жовте забарвлення країв листка; 4 - сильний крайовий некроз із жовтою пограничною зоною; 5 - більша частина листової пластинки відмерла.

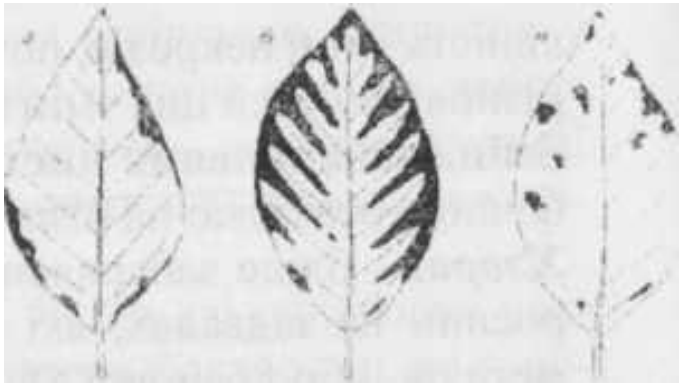


Рис. 3. Різновидності некрозів після дії SO_2 на листках різного віку бука (*Fagus sylvatica*): а – крайові некрози при пошкоджені молодих не повністю розгорнутих листків; б – некрози типу “риб’ячого скелету” у розвинутих листків; в – плямисті і точкові некрози у старих листків (по Haut, Stratmann, 1970, зі змінами)

Крайові некрози – характерні, чітко відмежовані краї у листків лип, які пошкоджуються кухонною сіллю, що застосовується для танення льоду (рис. 2);

“Риб’ячий скелет” – поєднання міжжилкових і крайових некрозів (рис.3);

Верхівкові некрози – характерні для однодольних та хвойних, темно-бурі, різко відмежовані некрози кінчиків хвої або верхівок листків (наприклад, у піхти та сосни після впливу SO_2 або у гладіолусів сорту “Snow Princess” під впливом HF.)

Некрози *оплодня,* наприклад, після впливу SO_2 на сім’ячкові плоди, особливо поблизу квітів.

При розвитку некрозів спочатку спостерігаються зміни в забарвленні (за дії SO_2 найчастіше утворюються брудно-зелені плями, пероксиацетилнітрату – просякнуті водою, кисню – металеві блискучі, хлоридів – хлорози).

Після загибелі клітин, ушкоджені ділянки осідають, висихають і можуть за рахунок виділення дубильних речовин забарвлюватися в бурий колір (часто у дерев) або через декілька днів вицвітати до білуватого забарвлення (тюльпани, цибуля, гладіолуси, зернові культури та інші однодольні).

Некротичні плями часто мають темні краї, особливо у дводольних. Пізніше в місцях некрозу можуть з’являтися розриви подібні до погризів або до пошкоджень градом. Некрози можуть також вражати цілу бруньку (при радіоактивному опроміненні).

Кількісна оцінка некрозів найчастіше здійснюється шляхом визначення відсоткової долі пошкодженої листової поверхні, для чого можуть бути використані допоміжні таблиці. Можливе також планіметрування або бонітування за п’яти-

східцевою шкалою.

Передчасне в'янення відбувається, наприклад, під впливом етилену в теплицях. Квіти гвоздики при цьому не розкриваються, а пелюстки орхідеї – в'януть; при впливі SO_2 зворотно в'януть листки малини.

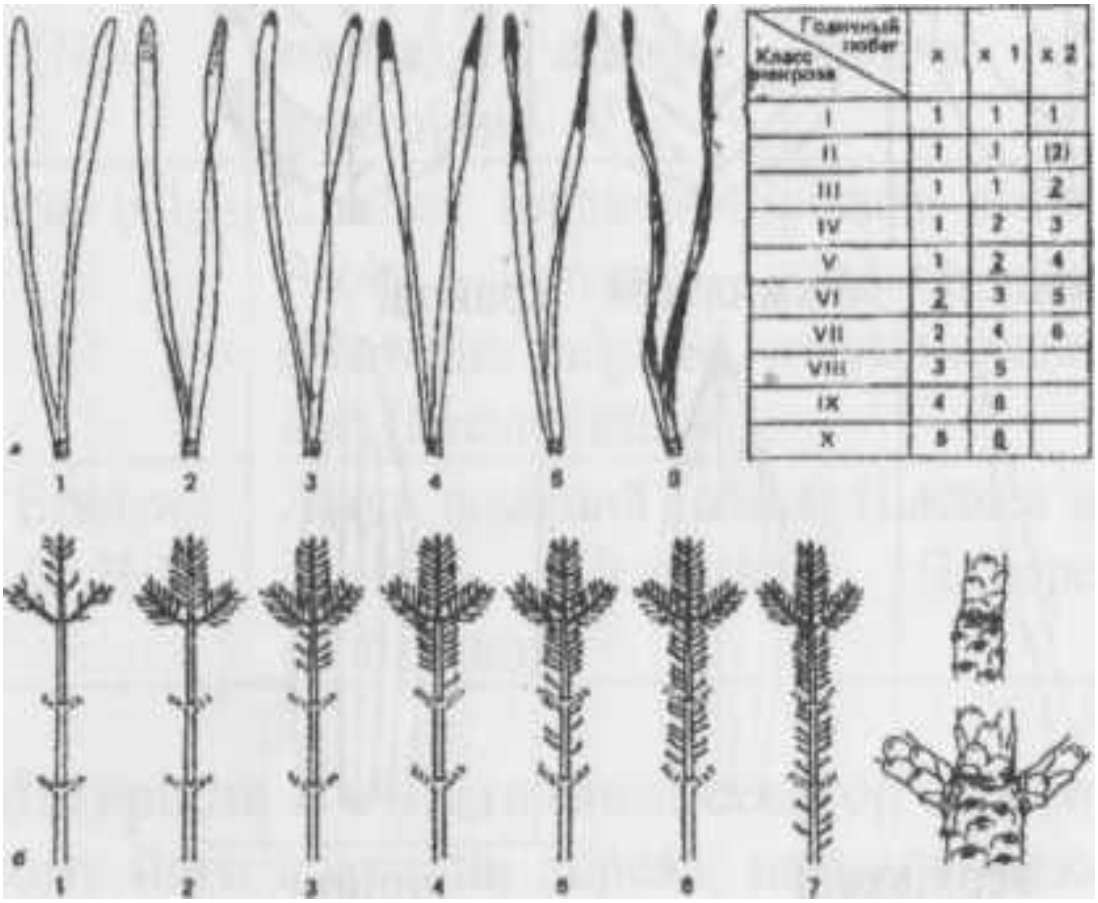


Рис. Бонітувальна шкала некрозів і довготривалості життя соснової хвої (по Jager, 1980)

Опадання листків (дефоліація) у більшості випадків спостерігається після появи некрозів або хлорозів. Прикладами може слугувати зменшення тривалості життя хвої (див. рис.), її осипання у ялини, скидання двоголкових вкорочених пагонів у сосни, передчасне опадання листя у лип та кінських каштанів під впливом солі, яка застосовується для танення льоду або у аґрусу чи смородини під впливом SO_2.

Дефоліація призводить до скорочення асимілюючої площі, а отже, до скорочення приросту, а інколи до пробудження бруньок і передчасного утворення нових пагонів. У хвойних порід легко можна визначити вік хвої, оскільки приріст пагонів у них іде строго ритмічно. Частіше за все при цьому оцінюється відсоток хвої, яка збереглася на ділянці пагону, що відповідає річному приросту (рис.). Тривалість життя листків у літньо-зелених рослин потрібно визначати шляхом мічення або більш частого спостереження.

Аномальна конфігурація листків може спостерігатися, наприклад, у листяних дерев після радіоактивного опромінення; внаслідок локальних некрозів також може виникати потворна деформація, перетягування, здуття та викривлення листової пластинки.

При застосуванні листкової діагностики довкілля можна використати види ро-

слин, чутливість листків яких до найбільш поширених полютантів уже встановлена.

Рослини-біоіндикатори найбільш поширених забруднювачів міських екосистем

Компоненти забруднень	Біоіндикатори	Симптоми
Фтористий водень (HF)	Гладіолус *(Gladiolus gandavensis cv. Snow Princess. Flowersong)*, тюльпан *(Tulipa gesneriana cv. Bluperrot, Preludium)*, півники *(Iris germanica)*, петрушка кучерява *(Petroselinum crispu var. Vulgare)*	Некрози верхівок і країв листків. Накопичення фтору у сухій речовині
Диоксид сірки (SO_2)	Люцерна *(Medicago sativa cv. Du Purts)*, гречка *(Fagopirum esculentum)*, подорожник великий *(Plantago major)*, горох *(Pisum sativum)*, конюшина багряна *(Trifolium incamatum)*	Міжжилкові некрози та хлорози
Диоксид азоту (NO_2)	Шпинат городній *(Spinacia oleracia cv. Subito, Dynamo)*, тютюн *(Nicotiana rustica)*, селера пахуча *(Apium graveolens)*	Міжжилкові некрози
Хлор (Cl_2)	Шпинат городній *(Spinacia oleracia cv. Subito, Dynamo)*, квасоля звичайна *(Phaseolus vulgaris)*, латук посівний *(салат) (Lactuca sativa)*	Деформація хлоропластів, збліднення листків
Етилен (C_2H_4)	Латук посівний (салат) *(Lactuca sativa)*, помідор їстівний *(Lycopersicon esculentum)*	Закручування країв листків

Хід роботи

Цю роботу доцільніше проводити на початку осені, коли чітко помітні всі пошкоджені листки на тій чи іншій ділянці вулиці. Це дає інформацію про стан деревних рослин у кінці вегетації в різних умовах середовища. Для порівняння дуже зручно брати дворові посадки, які обмежені щільною забудовою без гаражів і автостоянок, а також приміські парки.

Проведіть збір показників за такими параметрами: 1) напрямок вулиці за сторонами світу і зробіть прив'язку її до рози вітрів; 2) визначення сторони вулиці (сонячна, затемнена); 3) ширина вулиці; 4) тип транспорту (одночасно можна підрахувати завантаженість автотранспортом (існують спеціальні методики); 5) наявність високих будинків з обох боків вулиці; 6) наявність продувів між будинками (останні два положення особливо важливі, так як при щільній забудові і сильному завантаженні вулиць автотранспортом потік газів і пилу буде вдарятись об стіни будинків і вертатися назад на зелені насадження, викликаючи цим їх підвищене пошкодження);

7) посилений продув на перетинах розширених вулиць; 8) наявність стоянок автобусів, автотранспорту, світлофорів на перетинах (особливо на вузьких вулицях, так як при припиненні руху автотранспорту, на холостих обертах проходить неповне згорання палива і сильний викид токсичних речовин); 9) близькість зелених насаджень до дороги (число рядів, номер ряду); 10) вид насаджень (вулична одно-, дво-, трирядна посадка, сквер, парк, двір); 11) найбільш стійкі і нестійкі види деревних порід.

Оцініть стан зелених насаджень за наступними показниками (в дослідження повинні бути включені не менше 10-15 екземплярів однієї деревної породи).

1. Наявність хлорозів, візуальна оцінка відсотку хлорозної тканини (пожовтіння тканини листка внаслідок руйнування хлорофілу). Позначте розміщення пошкоджених листків на дереві (по відношенню до дороги, по відношенню до поверхні землі – низ крони, середня частина, верх крони).

2. Наявність і відсоток точкових або крайових змін пігментації листків (поява червоних, жовтих, синьо-фіолетових, синіх точок і плям), які викликані попаданням на листки крапель сірчаної і азотної кислот, солей тих чи інших важких металів. В умовах захисних зон такі зміни може викликати невеликий витік радіоактивних речовин (наприклад, в зоні впливу АЄС).

3. Наявність некрозів (відмерлої тканини), їх відсоток в порівнянні з загальною поверхнею листків. Типи некрозів: а) точковий; б) крайовий; в) міжжилковий; г) проходить променями від жилок листка. Часто найбільший відсоток пошкоджених тканини спостерігається безпосередньо у жилках листка, ближче до черешка.

Точкові некрози виникають внаслідок попадання на листок крапель сірчаної або азотної кислот (особливо першої), що можливо під час смогу, туману і випадання на досліджувані території кислотних дощів. Одне із пояснень появи крайових некрозів – це накопичення солей важких металів по краю листової пластинки, цим же пояснюється відмирання кінчиків хвоїнок. Міжжилковий некроз виникає в результаті попадання на листок через продихи або дрібних крапель сірчаної кислоти, або оксидів сірки, які в цитоплазмі перетворюються в сірчану кислоту. Остання – сильно гігроскопічна речовина – дуже швидко забирає воду від вуглеводів, які утворюються в процесі фотосинтезу. У результаті утворення вільного вуглецю частина листка (точка або ділянка) обвуглюється, вільна вода випаровується, вугілля вимивається опадами і в результаті утворюється суха чорнувато-коричнева тканина (внаслідок утворення із фенольних сполук опорної тканини листка окислених форм – хінонів).

У випадку, якщо хлорози, а потім і некрози йдуть променями від жилки листка і їх площа збільшується до жилки і черешка (що дуже наочно видно у каштана, клена) можна завбачити з певною долею вірогідності, що ці зміни викликані або рухом токсичних розчинів із кореневої системи по провідних шляхах, або концентрацією цих розчинів при ксилемному транспортуванні.

4. Рівень пошкодження фіто- і ентомошкідниками, який є інформативною ознакою стану деревних насаджень у міському середовищі (в порівнянні з чистою зоною), оскільки зазвичай шкідники вражають особин, у яких порушений імунітет. Навіть відносно стійка до загазованості тополя пошкоджується низкою комах, серед яких найбільше розповсюджена мінуюча міль. Що стосується фітошкідників, то їх оцінка неоднозначна. Так, у модельних дослідах з вихлопними газами автотранспо-

рту нами було помічено, що відсоток пошкодження модрини черню та іншими захворюваннями в умовах забруднення понижується в порівнянні з відносно чистим повітрям (в умовах достатнього зволоження).

Водночас з'явилися повідомлення про пошкодження каштанів на вулицях міст бурою плямистістю листків, яка призводить до передчасного їх опадання, послаблення і подальшої загибелі дерев.

Корисно зрізати секатором листки з тим чи іншим ступенем пошкодження, зібрати ентомошкідників у морилку, щоб більш детально розібратися в характері і причинах пошкоджень.

У зоні впливу різних підприємств обстеження зелених насаджень проводиться аналогічно. Зберіть додаткові дані про характер і кількість атмосферних викидів того чи іншого підприємства, висоту труби, можливу дальність розсіювання забруднення у зв'язку з типом клімату, який характеризується вітрами та іншими факторами.

У результаті проведеного обстеження й обміну інформацією між групами студентів зробіть таке домашнє завдання: оформіть дану роботу, враховуючи всі виявлені параметри, опишіть на 1-2 сторінках картину пошкоджень і оцініть стійкість різних деревних порід у тих чи інших екологічних умовах, обґрунтуйте причини виявлених пошкоджень.

Опис отриманих результатів

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Що таке хлороз листків? Види хлорозу.
2. Що таке некроз листків? Які бувають некрози листків?
3. Які рослини-біоіндикатори ви знаєте ?
4. Схарактеризуйте різні стійкості рослин до хвороб.
5. Назвіть захисні механізми рослин до збудників хвороб.

Практична робота № 28

Крес-салат *(Lepidium sativum L.)* як об'єкт для оцінки стану забруднення ґрунтів та повітря

***Обладнання, матеріали, об'єкти**: 8 чашок Петрі, фільтрувальний папір, дистильована вода для поливу проростків; 80 насінин крес-салату.*

Основні відомості. При сприятливих умовах середовища крес-салат відрізняється швидким і майже 100% проростанням. Саме ця властивість зумовила його популярність в екологічних дослідженнях. Він рекомендується як для дослідження ґрунту на наявність шкідливих речовин, так і для визначення забруднення повітря, наприклад, вихлопними газами. Реакції крес-салату не є специфічними, тобто не можна зробити ніяких висновків відносно природи стресора, який впливає. Проте можна виявити наявність шкідливих полютантів у ґрунті та повітрі, а також установити інтенсивність їх впливу на живий організм.

Хід роботи

Покладіть по 10 насінин крес-салату в 4 чашки Петрі та пророщуйте на фільтрувальному папері в різних місцях даної реперної точки. Щоб виключити вплив полютантів, наявних у воді, полив здійснюйте лише дистильованою водою. Чашки можна залишати відкритими лише за ретельного нагляду. Постійно слідкуйте за наявністю вологи на фільтрувальному папері. Перед відлученням добре змочіть папір і закрийте чашки.

Візьміть ґрунт із 4-х місць даної реперної точки, де брали його на хімічний аналіз, і насипте однакову кількість у 4 чашки Петрі. У кожну з них покладіть по 10 насінин крес-салату, полийте дистильованою водою і поставте в тепле місце для пророщування. Для більшої об'єктивності і можливості порівняння дослідження необхідно проводити одночасно в декількох екологічних зонах з однаковим типом та хімічним складом ґрунту.

Спостерігайте протягом 10 днів. Підрахуйте відсоток схожого насіння, зніміть виміри довжини пагонів і зародкових коренів, визначте суху біомасу проростків.

Стан насіння та проростків, вирощених на фільтрувальному папері, засвідчить інтенсивність впливу шкідливих чинників із повітря, а результати другого експерименту продемонструють інтенсивність дії полютантів, наявних у ґрунті.

Результати записують за такою схемою:

Метод дослідження Об'єкт дослідження	Схожість насіння, %	Довжина, см		Вага, г	
		пагонів	коренів	пагонів	коренів

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Які властивості крес-салату як індикатора забруднення навколишнього середовища?
2. Протягом скількох днів проводиться дослід? Чому ?
3. Схарактеризуйте радіаційний стрес.
4. Поясніть поняття радіочутливість і радіостійкість.
5. Яка послідовність етапів променевого ураження?

Практична робота № 29

Асиметрія листків берези як метод біоіндикації атмосферного повітря

***Обладнання, матеріали, об'єкти**: лінійка, міліметровий папір; листки берези опушеної Betula pubescens Ehrh.*

Основні відомості. Цей метод базується на флуктуаційній асиметрії. Відхилення в білатеральній симетрії може бути показником забруднення навколишнього середовища.

Хід роботи

Зберіть по 10 листків берези опушеної *Betula pubescens Ehrh.* з 10 дерев на кожній дослідній ділянці (загальна кількість листків із однієї досліджуваної ділянки – 100). При підборі матеріалу враховуйте:

- щоб дерева відносилися до одного виду берез *Betula pubescens Ehrh.*;
- положення листків у кроні (збирати листки необхідно з других гілок знизу, причому, передостанні два листки на пагоні);
- вік дерев (об'єкти повинні бути приблизно одного віку, який визначте за допомогою вимірювання діаметру стовбура);
- розмір листків (збирайте листки приблизно одного розміру, щоб у ширину вони не перевищували 6 см, а по довжині – 8 см);
- рівень пошкодження листків (усі листки повинні бути без видимих уражень, одного кольору, без плям, не ушкоджені комахами);
- однорідні умови проростання в кожній досліджуваній зоні (поділіть умовно дерева на три групи: дерева першої групи ростуть на вулицях міста – 100 листків,

другої – в парках міста – 100 листків, третьої – у приміській зоні (в області) – 100 листків).

Дослідження відібраних листків проведіть за такими параметрами:

1. ширина половини листка;
2. довжина другої від основи листка жилки другого порядку;
3. віддаль між основою 1-ї та 2-ї жилок 2 порядку;
4. віддаль між кінцями 1-ї та 2-ї жилок 2 порядку;
5. кут між основною і другою від основи листка жилкою другого порядку;
6. визначте відсоток асиметрії за цими параметрами.

Результати:

Назва групи досліджуваних рослин	№ досліджуваного показника, сер. із 100 вимірювань					
	1	2	3	4	5	6

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. З кількох дерев потрібно зібрати листки?
2. За якими параметрами проводилося дослідження листків?
3. Яких правил необхідно дотримуватися при відборі рослинного матеріалу ?
4. Що таке радіаційний стрес?
5. Яка послідовність етапів променевого ураження?
6. Назвіть речовини з радіопротекторними властивостями.

ДОДАТКОВІ МАТЕРІАЛИ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

ПРОГРАМНІ ВИМОГИ З КУРСУ “**ЕКОЛОГІЯ РОСЛИН**”

для студентів ІІІ курсу (спеціальність 101 Екологія)

1.

1. Дайте визначення поняття «середовище існування організму».
2. Поясніть принцип класифікації екологічних факторів.
3. Назвіть абіотичні та біотичні фактори.
4. Обґрунтуйте загальні закономірності впливу екологічних факторів на живі організми.
5. Поясніть значення кардинальних точок дії екологічного фактора.
6. Поясніть концепцію обмежувального фактора.
7. Що таке екологічна валентність виду?

2.

8. Схарактеризуйте світло як екологічний фактор.
9. Схарактеризуйте взаємозв'язок між сонячною радіацією та рослинністю.
10. Поясніть явище фотоперіодизму.
11. Схарактеризуйте екологічні групи рослин за вимогою до світла.
12. Назвіть пристосування рослинних організмів до світлового режиму.
13. Поясніть трансформацію тепла в просторі та його динаміку в часі.
14. Що означає показник «сума ефективних температур» ?
15. Схарактеризуйте екологічні групи рослин відносно температури.
16. Які організми належать до пойкілотермних ?
17. Що таке явище термоперіодизму ?
18. Назвіть представників літньо- та зимозелених рослин.
19. Яке значення води в природному середовищі ?
20. Схарактеризуйте фізико-хімічні властивості води.
21. Що є рушійною силою надходження та пересування води в системі ґрунт—рослина—атмосфера ?
22. Назвіть типи транспірації. Що таке евапотранспірація ?
23. Назвіть складові частини водного балансу рослин.
24. Як розраховують норми поливу в зрошувальному землеробстві ?
25. Схарактеризуйте екологічні групи рослин відносно води.
26. Чому ґрунт є матеріальною основою існування біосфери ?
27. Яке екологічне значення має абіотична складова ґрунту ?
28. Схарактеризуйте біотичні складові ґрунту.
29. Які функції виконує жива речовина ґрунту ?
30. Схарактеризуйте ґрунт як середовище кореневого живлення рослин.
31. Що таке алелопатія ?
32. Схарактеризуйте екологічні групи рослин за субстратом місць зростання та вимогами до елементів мінерального живлення.
33. Як впливають на рослинність такі абіотичні фактори, як вітер, опади, рельєф, магнітне поле Землі?
34. Що таке фітогенні та зоогенні фактори навколишнього середовища?

3.

35. Назвіть типи адаптацій рослинних організмів.
36. Що таке стійкість рослин, фітострес, адаптація ?
37. Поясніть імовірні механізми адаптації рослин на рівні клітини, цілісного організму.
38. Який характер адаптивних перебудов у синтезі та розпаді біополімерів у стресових умовах ?
39. Схарактеризуйте реакції рослин на посуху та високу температуру.
40. Поясніть механізми формування холодо- та морозостійкості рослин.
41. Яка реакція рослин різних екологічних груп на засолення ?
42. Що таке газостійкість ?
43. Схарактеризуйте радіаційний стрес.
44. Поясніть поняття радіочутливість і радіостійкість.
45. Яка послідовність етапів променевого ураження?
46. Назвіть речовини з радіопротекторними властивостями.
47. Схарактеризуйте різні стійкості рослин до хвороб.
48. Розкажіть про походження та можливі функції стресових білків, які виникають при одноразових впливах різних несприятливих факторів.
49. Поясність зв'язок між адаптацією та стійкістю рослин.
50. Що таке радіаційний стрес?
51. Чим зумовлена стійкість рослин до високих і низьких температур, дефіциту вологи, забруднення важкими металами?
52. Назвіть захисні механізми рослин до збудників хвороб.

4.

53. Яка роль фототрофного живлення рослин у біосфері?
54. Що таке фотоавтотрофи, хемоавтотрофи та гетеротрофи ?
55. Схарактеризуйте фотосинтез, як унікальну в фізико-хімічному та біологічному відношеннях функцію рослинного організму.
56. Чому фотосинтетичне виділення кисню рослинами зумовило глобальні екологічні зміни на Землі?
57. Поясніть енергетичний баланс зеленого листка рослин.
58. Як відбувається запасання світлової енергії та асиміляція вуглекислого газу рослинами?
59. Схарактеризуйте фотодихання у рослин.
60. У чому полягають особливості шляхів фотосинтетичної асиміляції CO_2 у різних екологічних груп рослин ?
61. Яка різниця між рослинами C_3- та C_4-типу ?
62. Поясніть залежність інтенсивності фотосинтезу від освітленості та спектрального складу світла.
63. Поясніть залежність фотосинтезу від температури та освітлення у різних екологічних груп рослин.
64. Як впливає концентрація кисню та вуглекислого газу на фотосинтез ?
65. У чому полягає особливість фотосинтезу в умовах дефіциту води ?
66. Схарактеризуйте біопродуктивність, її залежність від фотосинтезу.
67. Поясніть шлях автотрофного живлення рослин.

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екології – К.: Либідь, 2004. – 408 с.
2. Білявський Г.О. Основи екології: теорія та практикум. Навч. Посібник Г.О. Білявський, Л.І. Бутченко. К., Лібра, 2014. 368с.
3. Брайон О.В., Чикаленко В.Г. Екологія рослин. Практикум. – К., Вища школа, 1996.
4. Волошина Н. О. Загальна екологія та неоекологія : навчальний посібник. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2015. 335 с.
5. Волчовська-Козак О.Є. Екологія рослин / О.Є. Волчовська-Козак // Курс лекцій для студентів-біологів ВНЗ. - Івано-Франківськ: ПП Супрун, 2013. – 128 с.
6. Волчовська-Козак О.Є. Методичні вказівки до практичних робіт і самостійна робота студентів з екології рослин / О.Є. Волчовська-Козак // Методичні вказівки - Івано-Франківськ: ПП Супрун, 2013. – 80 с.
7. Гродзинський Д.М. Основи ландшафтної екології – К.: Либідь, 1993. – 224 с.
8. Кучерявий В.П. Екологія В.П. Кучерявий. Львів: Світ, 2010. 500 с.
9. Лаптєв О.О. Екологія рослин з основами біогеоценології – К.: Фітосоціоцентр, 2001
10. Мусієнко М.М. Екологія рослин. – К.: Либідь, 2006. – 432 с.
11. Ольгович О.П., Мусієнко М.М. Фітоіндикація та фітомоніторинг – К.: Фітосоціоцентр, 2005. – 64 с.

Додаткова

1. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры – К.: Наук. думка, 1991
2. Векірчик К. М. Фізіологія рослин. Практикум. – К.; Вища шк., 2004.
3. Волчовська-Козак О.Є. Екофізіологія рослин: частина 1. Рослина як цілісна функціональна система / О.Є. Волчовська-Козак // Курс лекцій для студентів-екологів денної та заочної форм навчання. – ДВНЗ «ПНУ ім. В. Стефаника». – Івано-Франківськ, 2015. – 76 с.
4. Гандзюра В.П. Екологія: Навчальний посібник. Видання 3-е, перероблене і доповнене – К.: ТОВ «Сталь», 2012. – 345 с.
5. Голуб В.О., Голуб С.М. Фітопатологія / методичні вказівки до лабораторно-практичних занять. – Луцьк.: Вежа, 2000.– 65 с.
6. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів – К.: Вид-во Інституту ботаніки НАНУ, 1994. – 280 с.
7. Дітер Г., Гергт М. Екологія – К.: Знання, 2001. – 275 с.
8. Екологічний атлас України. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2009. – 104 с.
9. Екологічна енциклопедія: У 3 т. / Редколегія: А.В. Толстоухов (гол. ред.) та ін. – К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації» – Т. І: А-Е. – 2007. – 432 с.; Т. 2: Є-Н. – 2007. – 416 с.; Т. 3: О-Я. – 2008. – 472 с.
10. Злобін Ю.А. Екологія – К.: Наук. думка, 2000. – 248 с.
11. Лукаш О.В. Польова практика з фізіології та екології рослин – К.: Фітосоціоцентр, 2001
12. Мусієнко М.М. та ін. Екологія. Охорона природи: Словник-довідник М.М. Мусієнко, В.В. Серебряков, О.В. Брайон К.: Знання, 2002 . 550 с.
13. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин. – К.: Либідь, 2005. – 808 с.
14. Протопопова В.І. Синантропна флора України – К.: Наук. думка, 1992

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА 3

ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ В ЛАБОРАТОРІЇ 5

Розділ І. ЕКОЛОГІЧНА ФІЗІОЛОГІЯ

Практична робота № 1. Спостереження за рухом цитоплазми, вплив світла і температури на швидкість руху цитоплазми 6

Практична робота № 2. Вивчення стану продихового апарату рослин інфільтраційним методом за різних умов довкілля 8

Практична робота № 3. Явище гутації. Вплив умов навколишнього середовища на гутацію у рослин 11

Практична робота № 4. Визначення транспірації верхнього і нижнього боків листка за допомогою хлоркобальтового паперу. Вплив умов навколишнього середовища на транспірацію у рослин 13

Практична робота № 5. Визначення вмісту води і сухої речовини в рослинах. Вміст води і сухої речовини у рослинах різних місцезростань 15

Практична робота № 6. Необхідність світла для утворення хлорофілу 17

Практична робота № 7. Оцінка впливу умов навколишнього середовища на фотосинтез (за інтенсивністю виділення кисню рослиною) 18

Практична робота № 8. Визначення вмісту хлорофілу в листках. Вплив умов росту та розвитку на вміст хлорофілу в листках рослин 20

Практична робота № 9. Вплив температури і світла на ріст рослин 23

Розділ ІІ. АУТЕКОЛОГІЯ

Практична робота № 10. Екологічні групи рослин за відношенням до світлового режиму 25

Практична робота № 11. Вивчення екологічних груп рослин за відношенням до вологості ґрунту 27

Практична робота № 12. Екологічні групи рослин за відношенням до родючості ґрунту 31

Практична робота № 13. Екологічні групи рослин за відношенням до вмісту хімічних сполук в ґрунті 33

Практична робота № 14. Вплив різної концентрації розчину солей на проростання насіння 36

Практична робота № 15. Ріст коренів пшениці в розчині чистої солі й у суміші солей (антогонізм іонів) 38

Практична робота № 16. Визначення спекостійкості рослин (за Ф. Мацковим) 40

Практична робота № 17. Виявлення захисної дії цукрів на цитоплазму живих клітин при низьких температурах 42

Практична робота № 18. Захисна дія цукру при заморожуванні клітинного соку 44

Практична робота № 19. Визначення життєздатності проростків озимої пшениці (за методом П.А.Власюка і М.А. Гурильової) 45

Практична робота № 20. Життєві форми рослин. Класифікація життєвих форм 46

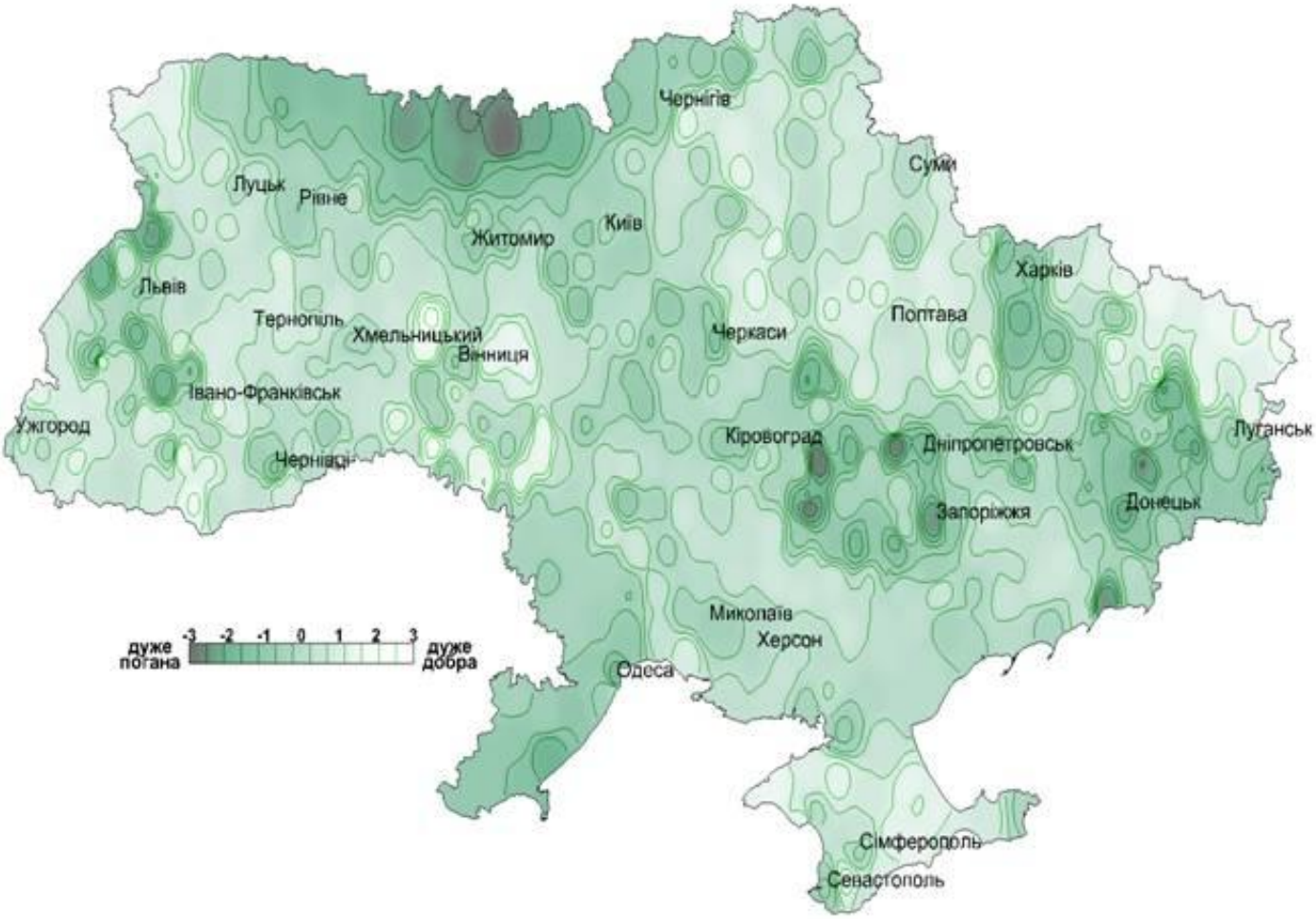
Розділ ІІІ. ФІТОІНДИКАЦІЯ

Практична робота № 21. Визначення стану довкілля за площею листків дерев на вулицях міста 48
Практична робота № 22. Визначення стану навколишнього середовища за ознаками хвої у хвойних 50
Практична робота № 23. Біотестування загальної токсичності ґрунту або криничної води за ростом коренів цибулі (Allium cepa L.) 52
Практична робота № 24. Біотестування токсичності субстратів та води за проростками рослин-індикаторів 55
Практична робота № 25. Визначення забруднення навколишнього середовища пилом за його накопиченням на листкових пластинках 58
Практична робота № 26. Біоіндикація стану довкілля за відсотком зрілого насіння стручків робінії звичайної 60
Практична робота № 27. Дослідження стану листків деревних рослин у різних зонах міста 61
Практична робота № 28. Крес-салат (Lepidium sativum L.) як об’єкт для оцінки стану забруднення ґрунтів та повітря 68
Практична робота № 29. Асиметрія листків берези як метод біоіндикації атмосферного повітря 69

ДОДАТКОВІ МАТЕРІАЛИ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ 71

ПРОГРАМНІ ВИМОГИ 74

ЛІТЕРАТУРА 76



Екологічний стан у регіонах України

.

Підписано до друку Формат 60x84/16
Папір ксероксний. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. Тираж 100. Зам.

76026, м. Івано-Франківськ, вул. Шевченка, 57
Друкарня видавництва “Плай”
Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника