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 ФАКТОРНОЇ ЕКОЛОГІЇ

Івано-Франківськ – 2021

Рецензенти:
Заступник директора з навчально-методичної роботи Івано-Франківського обласного еколого-натуралістичного центру учнівської молоді ***Г.В. Шинкарук***

доцент кафедри біології та екології Факультету природничих наук ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», к.б.н. ***В.І. Гнєзділова***

Методичні вказівки до практичних робіт і самостійна робота студентів з факторної екології / Волчовська-Козак О.Є., Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника. – Івано-Франківськ, 2021. – 64 с.

Викладено методику лабораторних робіт з основних розділів навчальної програми з дисципліни «Факторна екологія» для студентів-екологів та спеціалістів біологічних спеціальностей Факультету природничих наук: «Факторіальна екологія», «Адаптація рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища»

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 Факультету природничих наук _____ 2021 р. (протокол № __).

Рекомендовано до використання у навчальному процесі Вченою радою Факультету природничих наук ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника _____ 2021 р. (протокол № __).

ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Факторна екологія» є складовою циклу обов'язкових дисциплін освітньої програми «Екологія» першого рівня вищої освіти для підготовки бакалаврів за спеціальністю 101- Екологія. Викладання даної дисципліни спрямовано на теоретичне та практичне опанування студентами основ екології, охорони довкілля й збалансованого природокористування та здатність до використання отриманих знань, умінь та навичок для екологічного управління всім різноманіттям біосистем.

Навчальна дисципліна забезпечує формування базових екологічних знань, основ екологічного мислення професійного фахівця, здатного грамотно, науково обґрунтовано користуватися та захищати природу, здійснювати вагомий внесок у формування масової екологічної свідомості населення, набуття необхідних умінь, щодо прийняття відповідних рішень тощо.

У запропонованому курсі подано основи факторіальної екології: загальні відомості про екологічні фактори, їх класифікація, поняття середовища існування та умов існування, основні закони і правила впливу екологічних факторів на живі організми. Детально проаналізовані абіотичні та біотичні умови життєдіяльності живих організмів, їх екологічні групи за відношенням до різних умов існування, адаптаційні можливості та стійкість до несприятливих факторів.

Екологічні знання і культура є актуальними у сучасному соціумі, вони посідають одне з найважливіших місць у житті кожної людини. Знання з даного курсу допоможуть в практичній роботі фахівців-екологів у різних сферах їх діяльності.

У цьому посібнику разом із класичними методами дослідження з екології рослин наведено багато робіт із використанням нових сучасних методів.

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.

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, 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 організмів до несприятливих факторів, визначати* життєві форми рослин за різними класифікаціями, *володіти методиками фенологічних спостережень; досліджувати ґрунтову біоту,* отримання необхідного досвіду та навичок роботи з живими об'єктами; навчити студентів керувати процесами, що протікають в біогеоценозі для отримання бажаного результату.

Використання лабораторно-практичних робіт у навчальному процесі дозволяє збільшити частку самостійної діяльності тих, хто навчається, надає можливість поєднувати репродуктивне і пошукове навчання й саме у такому сенсі є потужним засобом підвищення самостійної пізнавальної активності. За своїм змістом лабораторно-практичні роботи мають безпосередню належність до «самостійної роботи», яку в теорії навчання визначають як дидактичний засіб навчання, штучну педагогічну

ситуацію, за допомогою якої викладач організує діяльність. Вони можуть бути використані і як метод навчання, спрямований на підвищення пізнавальної активності, і як форми організації самостійної роботи, тих хто навчається.

Функції, що покладаються на лабораторно-практичні роботи:

1. формування навичок самостійної роботи;
2. поглиблення, розширення та конкретизація теоретичних знань;
3. розвиток експериментальних умінь та навичок самостійної експериментально-пошукової діяльності;
4. набуття умінь планувати діяльність, фіксувати і зіставляти проміжні та кінцеві результати; оцінювати їх вірогідність;
5. можливість самостійно перевірити, впевнитися з окремих екологічних аспектів, які поширені в повсякденному житті і будуть мати безпосереднє відношення до майбутньої професійної діяльності.

Методичним вказівкам з кожної теми передує теоретичний матеріал, який поглиблюється вставками з додатковою інформацією різного напряму – історичною, юридичною, економічною тощо; визначено мету, перелік обладнання, вказано послідовність виконання дій та операцій, оформлення отриманих результатів роботи, сформульовано питання для закріплення.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні **знати**:

- предмет та завдання курсу; методи екології;
- поняття середовища існування, характеристику водного, ґрунтового, повітряного середовищ,
- основні положення вчення про екологічні фактори, їх класифікацію та загальні закономірності впливу на організми;
- особливості впливу окремих абіотичних факторів на живі організми;
- основні екологічні групи живих організмів за відношенням до різних екологічних факторів;
- типи адаптацій та стійкості у тварин, рослин;
- загальні поняття про біотичні фактори, внутрішньовидові стосунки, міжвидові взаємовідносини.

уміти:

- застосовувати теоретичні знання екологічних законів на практиці;
- проводити дослідження впливу екологічних факторів на живі організми в польових та лабораторних умовах;
- за морфологічними та анатомічними особливостями будови рослин, тварин визначати їх екологічну групу за відношенням до певного екологічного фактора;
- визначати життєву форму рослин, тварин за різними класифікаціями;
- проводити вегетаційні та лабораторні дослідження впливу стресових факторів довкілля на фізіолого-біохімічні показники живих організмів;
- здійснювати біоіндикацію стану довкілля за комплексом ознак рослинного організму;
- проводити фенологічні спостереження в природних умовах;
- прогнозувати зміни стану довкілля при антропогенному втручанні, давати відповідні рекомендації.

Алгоритм практичної роботи

Робота № .... →Тема →Теоретична частина (аналітична інформація з проблеми) →Мета →Об'єкт дослідження →Предмет дослідження→Обладнання, реактиви,матеріали →Хід роботи →Схема запису результатів →Висновки →Запитання.

Оцінювання ПР відбувається за отриманими результатами роботи та перевірки звіту, до уваги необхідно брати спостереження за роботою в процесі її виконання, відповіді на запитання, уміння узагальнювати й оцінювати особисті досягнення, уміння висловлювати та обстоювати власну думку. Необхідно враховувати рівень самостійності виконавця, який визначається усвідомленням вирішуваних задач, віднайдені успішного рішення.

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.

ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ЖИВІ ОРГАНІЗМИ

Практична робота № 1

Пристосування організмів до середовища існування

Мета: Розширити уявлення щодо пристосувальних можливостей організмів до середовища існування; виявити механізми утворення пристосувань; розвинути уміння щодо виявлення пристосувальних ознак організмів.

Основні відомості. Живий організм постійно знаходиться у нерозривній єдності з середовищем. Фактори навколишнього середовища забезпечують існування організму в просторі і часі. Проте зовнішнє середовище, а отже, і потрібні для життя організму умови, нестабільні. Отже зміна зовнішнього середовища, спонукає до змін й живі організми у відповідності до змінених умов середовища.

Організм адаптується до нових умов життя, тобто набуває здатність асимілювати нові, вже змінені, умови, тобто пристосовується до середовища. У такий спосіб зовнішнє середовище здійснює постійний контроль життєдіяльності й розвитку організмів не лише підтримуючи їх існування, а й через власні зміни, обумовлюючи виникнення змін і в самих організмах, що й визначає розвиток і еволюцію живого світу.

Засвоєння і використання факторів здійснюється організмом через адаптації. Адаптації (лат. – пристосування) – це пристосування або засоби, за допомогою яких організм здійснює взаємодію з середовищем для підтримання гомеостазу і забезпечує безперервність існування у часі через нащадків. Завдяки цій здатності організми набули механізми захисту проти шкідливих впливів зовнішнього середовища. На рівні організму при різкій зміні навколишнього середовища адаптації дозволяють вижити у результаті перебудови фізіологічних функцій поведінки. Вони спрямовані на підтримання гомеостазу**.**

Рівні адаптацій:

Морфологічний Фізіологічний Біохімічний Поведінковий (схема)

Шляхи адаптації до несприятливих умов середовища:

1. ***активний*** – перебудова функцій організму (наприклад, виникнення теплокровності (гомойотермності);

2. ***пасивний*** – підпорядкування функцій організму змінам зовнішнього середовища (наприклад, холоднокровні, або пойкілотермні, тварини);

3. ***уникнення*** – уникнення несприятливих умов (таксиси у рослин, міграція у тварин, вироблення циклів розвитку у тварин і рослин).

У мінливому середовищі наступне покоління кожного виду має шанс зустрітися із абсолютно новими умовами. Отже їм потрібні не тільки усталені реакції попередніх поколінь, а потенційна здатність формувати власні адаптації до змінюваних факторів. Таким чином генетична програма будь-якого організму (від найпростішого до високоорганізованого) передбачає не завчасно сформовану адаптацію, а здатність її реалізації під впливом середовища. Це забезпечує виявлення лише життєво необхідних адаптаційних реакцій, що й сприяє заощадливому використанню енергетичних і структурних ресурсів організму.

Надійність організму виявляється в ефективності його захисних пристосувань, в його стійкості до дії несприятливих факторів зовнішнього середовища: дефіциту води та кисню, високої і низької температури, засолення і загазованості довкілля, іонізуючого опромінювання, інфекції та інше.

Несприятливі фактори довкілля називаються стресорами, а реакцію організму на будь-які відхилення від норми – стресом. Стрес є першим спонукальним чинником адаптації організмів до змінюваних умов середовища.

Адаптації завжди розвиваються під впливом трьох провідних чинників – мінливості, спадковості і природного добору. Здатність до адаптацій є одним із головних властивостей живого, оскільки забезпечує можливість організмів виживати і розмножуватися. Адаптації можуть існувати на рівні клітини, угруповань та екологічних систем. Вони виникають і змінюються з перебігом еволюції видів.

Перебіг формування тривалої адаптації має такі етапи:

1. збільшення фізіологічної функції клітин, які відповідають за адаптацію, викликає зростання швидкості транскрипції РНК на структурних генах ДНК в ядрах цих клітин;

2. збільшення кількості і-РНК призводить до збільшення кількості, програмованих цією РНК, рибосом і полісом, де інтенсивно протікає процес синтезу клітинних білків;

3. маса структур зростає й відбувається збільшення функціональних можливостей клітини, що і є основою довготривалої адаптації.

Відомо, що найбільш значущі адаптації до факторів зовнішнього середовища є спадково зумовленими й сформувалися протягом історико еволюційного шляху виду. Організми адаптовані до постійно діючих періодичних факторів, але серед них необхідно виокремлювати первинні і вторинні.

Первинними є ті фактори, які існували на Землі ще до виникнення життя, зокрема: температура, вологість, освітленість, приливи і відливи тощо. Отже пристосованість до названих факторів є найбільш древньою, а відтак і найбільш досконалою.

Вторинні періодичні фактори: вологість, яка залежить від температури; рослинна їжа, яка залежить від циклічності розвитку рослин тощо, є наслідками дії первинних, вони виникли пізніше, а отже адаптації до них не завжди чітко прослідковуються.

Джерелами адаптацій, як правило, є генетичні зміни в організмі – мутації, які можуть виникнути як під впливом природних чинників в процесі історико-еволюційного розвитку організму, так і в результаті штучного впливу на організми. На рівні організму при різкій зміні навколишнього середовища адаптації дозволяють вижити у результаті перебудови фізіологічних функцій поведінки. Вони спрямовані на підтримання гомеостазу. При різкому погіршенні умов існування (низька температура, відсутність достатньої вологості) деякі організми переходять у особливий стан анабіозу (гр. ana – знову, bios – життя). При цьому життєві процеси тимчасово припиняються, або вони так уповільнюються, що видимі прояви життя відсутні. При поновленні сприятливих умов відбувається відновлення нормального рівня життєдіяльності. Явище анабіозу зустрічається у багатьох організмів.

Таким чином, адаптація – це ступінь, міра відповідності між організмом і середовищем. Не існує ідеально адаптованих організмів та ідеальних адаптацій.

Оцінка адаптацій може бути тільки відносною.

Пристосованість особин визначається положенням організму не тільки в популяції, але й різноманітними зв'язками, які забезпечують існування даного виду, саме тому вивчаючи адаптації необхідно пам'ятати про взаємодію, взаємозв'язки і взаємозалежність видів у навколишньому середовищі.

У природі надзвичайно важливим є такий фактор. Взаємодія популяцій різних видів (біотичні фактори) призводить до появи пристосувальних реакцій в особин кожної взаємодіючої популяції. Так, у хижака виробляються пристосувальні ознаки до нападу, захоплення, знищення здобичі, у жертви – навпаки – до оборони, спасіння, захисту від хижаків.

Адаптивні можливості різних організмів розраховані на різне значення фактора. Так, більшість прісноводних риб гине, потрапивши в морську воду, а морські риби гинуть при зниженні солоності води. Залежно від кількості й сили дії один і той самий фактор може мати протилежне значення для організму.

Наприклад, підвищення, або зниження температури за межі пристосувальної здатності організму призводить до його загибелі.

У високоорганізованих живих істот старість є наслідком погіршення адаптаційних реакцій, а також адаптаційної спроможності нервової системи.

Вивчення фізіологічних особливостей рослин, пристосованих до дії абіотичних факторів середовища, має велике значення для розуміння, як напрямів еволюційного процесу, так і механізмів адаптації, які можуть проявлятися на структурному та фізіологічному рівнях організації.

Обладнання: колекції комах, опудала птахів і ссавців, гербарні екземпляри рослин, фотографії та малюнки рослин і тварин.

Об'єкт дослідження: рослини і тварини.

Хід роботи

1. Уважно ознайомтесь із усіма об'єктами дослідження.
2. Визначте вид рослини або тварини, середовище існування і спосіб життя.
3. Назвіть особливості організму, які забезпечують пристосовуваність до відповідного середовища існування.
4. Визначте, які переваги набули рослини або тварини з появою названих пристосувань. Отримані результати занести у таблицю 1.1.

Таблиця 1.1

Пристосовуваність організмів до середовища існування

Назва об'єкту	**Середовище й умови існування**	**Назва адаптації**	**Риси пристосування**	**Біологічне значення пристосування**

5. Заповніть таблицю 1.2.

Таблиця 1.2

Екологічні групи живих організмів по відношенню до середовища існування

Середовища існування	**Екологічні групи та приклади живих організмів**	**Адаптації до відповідного середовища існування**
Наземно-повітряне		
Водне		
Ґрунтове		
Організм як середовище		

6. З’ясуйте анатомо-морфологічні показники адаптацій рослин, наведених у таблиці 1.3, до різних факторів навколишнього середовища

Таблиця 1.3

Анатомо-морфологічні показники адаптацій різних груп рослин

Екологічні групи	**Анатомо-морфологічні показники**	**Види адаптацій**	**Забезпечувана дія**
Геліофіти			
Галофіти			
Гігрофіти			
Мезофіти			
Ксерофіти			

7. Наземно-повітряний спосіб життя організмів характеризується величезною різноманітністю умов існування, екологічних ніш, а відтак вимагає сукупності адаптацій до такого способу життя. У таблиці 1.4. доповніть перелік особливостей

наземно-повітряного середовища (колонка №2). Знайдіть відповідність між особливостями середовища й пристосуванням до цієї особливості та заповніть колонку №3.

Таблиця 1.4

Пристосування організмів до наземно-повітряного середовища життя

№ за/п	**Особливості наземно-повітряного середовища:**	**Пристосування тварин до умов середовища**
1	**2**	**3**
1	**Велика амплітуда зміни екологічних чинників**	**механізми терморегуляції;**
2	**Неоднорідність середовища**	**періодичність і ритміка життєвих циклів;**
3	**Дія сил земного тяжіння;**	**цілеспрямована рухливість тварин у пошуках їжі та ін.**
4	**Низька щільність повітря.**	**складна будова тіла і його покривів;**
5		
6		

Висновки. Зробіть висновок про значення пристосування організмів до середовища. Поясніть, яким чином виникли певні пристосувальні ознаки.

Контрольні запитання для СРС

1. Яку роль відіграють адаптації у природі?
2. Назвіть найбільш поширені адаптації?
3. Що є джерелом адаптацій?
4. Як Ви вважаєте, чи виникають пристосувальні зміни у сучасних організмів?
5. У чому полягає правило Бергмана?
6. Яке середовище існування вимагає найбільшої кількості пристосувань?
7. Яку роль відіграють адаптації у житті людини?

Практична робота № 2

Вплив умов існування на розвиток рослин

Мета: прищепити навички щодо визначення сукупної дії екологічних факторів на розвиток рослинних організмів.

Основні відомості. На Землі усі живі організми існують не ізольовано одне від одного, а спільно, утворюючи угруповання. Усе, що оточує рослини та інші живі організми та впливає на них, і становить середовище їх існування.

Отже, середовище існування – це та частина природи, з якою живий організм знаходиться у безпосередньому взаємозв'язку. Середовище кожного організму складається з компонентів органічної і неорганічної природи, кожен з яких має своє значення. Вплив середовища існування сприймається організмами через фактори середовища, які називаються екологічними факторами. Екологічні фактори – це певні умови та елементи середовища, що здійснюють специфічний вплив на організми.

За походженням і характером дії усі екологічні фактори поділяють на дві великі групи – абіотичні («а» – заперечна частка і «bios» – життя) і біотичні. Проте такий поділ є досить умовним, адже кожен з факторів існує і виявляється лише як результат спільної дії середовища.

Абіотичні фактори **–** сукупність факторів неорганічного середовища, які впливають на життя і поширення тварин і рослин. До них належать:

1.*Кліматичн*і – світло, тепло, волога, повітря (його склад і рух);

2. *Едафічні*, або *ґрунтові* (гр. edaphos – ґрунт) – механічний і хімічний склад, вологість, аерація, забарвлення;

3. *Орографічні* (гр.oros – гора, grapho - пишу) – рельєф, експозиція;

4. *Гідрологічні* – прозорість, температура води.

Біотичні (біогенні) фактори – сукупність впливів прямої або опосередкованої дії одних організмів на життєдіяльність інших. До біотичних факторів належать:

1. *Фітогенні* – прямий вплив рослин на інші живі організми та середовище (механічні контакти, симбіоз, паразитизм, епіфітизм тощо) і побічний (фітогенні зміни середовища).

2. *Зоогенні* – прямий вплив тварин (поїдання, запилення, поширення, а також побічний (механічна дія на середовище, на хімічний склад ґрунту).

3. *Антропічні, антропогенні* (гр. anthropos – людина) вплив людини на довкілля. Роль цього фактору набула значного посилення за останні десятиліття.

А. Мончадський запропонував класифікацію факторів за характером їхньої дії. ***Стабільні фактори*** – ті, що не змінюються протягом тривалого часу (земне тяжіння, сонячна стала, склад атмосфери та ін.). Вони зумовлюють загальні пристосування організмів, визначають належність їх до мешканців певного середовища планети Земля. ***Змінні фактори***, які зумовлюють певну циклічність у житті організмів (міграції, сплячку, добову активність та інші періодичні явища і життєві ритми). Вони впливають на чисельність популяцій і значною мірою зумовлюють амплітуду її коливань. ***Сигнальні і орієнтацій ні*** фактори, які безпосередньо не впливають на метаболізм, але є причиною зміни стану або поведінки організмів.

Сигнальні фактори – це різні природні явища, які передують появі несприятливих факторів й завдяки їх сприйманню організм може завчасно перебудувати свій метаболізм або поведінку. Орієнтаційні фактори сприймаються органами чуттів для визначення положення у просторі і часі.

Влив екологічних факторів на живі організми будь-то позитивний чи негативний передусім залежить від сили його прояву. Отже як недостатня, так і надлишкова дія фактора негативно впливає на життєдіяльність особин.

Мінімальне значення даного фактору, за якого існування організму ще можливе, називають екологічним мінімумом. Його максимальне значення – екологічним максимум. Максимальне і мінімальне значення фактора є критичними точками, за межами яких існування організму неможливе. Фактор, рівень якого наближається до межі витривалості організму, а його інтенсивність дії суттєво відхиляється від оптимального показника, називають лімітуючим. Роль лімітуючих факторів розкрито у законах мінімуму Лібіха (1840 р.) і толерантності Шелфорда (1913 р.). Зазвичай лімітуючими факторами є температура, світло, біогенні речовини, течії та тиск середовища, пожежі тощо.

Здатність виду пристосовуватись до існування в межах зони витривалості називають екологічною толерантністю або валентністю організму стосовно конкретного фактора середовища. Кількісно вона виражається діапазоном середовища, в межах якого вид нормально існує. Екологічна валентність різних видів відрізняється (північний олень витримує коливання температури повітря від –55 до 25-30°С, а тропічні корали гинуть вже при зміні температури на 5-6°С).

Значення фактора, що є найбільш сприятливим для усіх життєвих процесів, називають екологічним оптимумом. Встановлено, що кожний вид має екологічний оптимум розвитку, що впливає на розміри особин виду і фітоценотичний оптимум, який характеризується найвищою роллю виду у фітоценозі і виражається в його чисельності і ступені проективного покриття. Екологічний і фітоценотичний оптимуми можуть не співпадати. Так, для сосни підходять сухі, бідні легкі ґрунти. Ялина на них не може конкурувати з сосною. В геоботаніці все частіше використовують поняття «екотон», під яким розуміють сукупність екологічних умов на межі біогеоценозу. Типовий екотон – узлісся на межі з луками чи полем.

У природних умовах екологічні фактори завжди діють комплексно. Особливого значення цей факт набуває за умови оцінювання рівня хімічного забруднення, коли «сумарний» ефект дуже змінює умовні значення ГДК, які зазвичай наводяться у довідниках. Наразі це питання є мало дослідженим, проте через надзвичайну актуальність активно вивчається.

Обладнання: натуральні або гербарні екземпляри кульбаби лікарської, подорожника великого або інших рослин із різних місць існування (затінених, відкритих, освітлених ділянок, із лісопаркової та забруднених зон) .

Об'єкт дослідження: рослини із різних місць існування

Хід роботи

1. Розгляньте підготовлені зразки рослин. Окремо проаналізуйте стан рослин із кожної зони. Схематично намалюйте загальну будову надземної і підземної частин рослин.

2. Опишіть рослини за такими ознаками:

загальний вигляд рослин;
ступінь розвитку кореневої системи,
розмір пагону,
розміри листової пластини і ступінь її розсіченості,
кількість листків у прикореневій розетці,
розмір квітконоса.

3. Отримані результати спостережень, вимірювань, зіставлень внесіть у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

Порівняльна характеристика рослин з різних місць існування

Рослини з різних місць існування		**Показники стану органів рослин**							
		Загальний вигляд рослини	**Розміри окремих частин рослини**			**К-сть листків**	**Ступінь розвитку кореня**	**Інші ознаки**	**Лімітуючий фактор**
Назва рослини*	**Зона існування**		**Листка**	**Пагона**	**Квітконоса**				
Кульбаба лікарська									
Кислиця звичайна									

**Примітка: Рослини, та зони існування, можна обирати на свій розсуд, проте загальна кількість досліджуваних рослин повинна становити не менше 5 видів, а зон існування щонайменше дві.*

4. За результатами проведених досліджень встановіть який абіотичний фактор найбільш часто стає лімітуючим.

5. Знайдіть рослини, які для свого розвитку потребують різного освітлення й порівняйте їх між собою. Результати занесіть у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2

Світлолюбні й тіньовитривалі рослини

Назва рослин	Ознаки порівняння					
	Розмір рослини	Ступінь розвитку кореня	Розмір листків	Колір листків	Забарв-лення квіток	Висно-вок

6. Виходячи з того, що кожний вид має свій екологічний оптимум розвитку, що впливає на розміри особин виду, встановіть оптимуми екологічних факторів для досліджуваних Вами рослин, або довільно оберіть групу рослин, які Вас цікавлять, та визначте оптимальну для них сукупність екологічних факторів. Результати роботи занесіть у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3

Визначення зони оптимуму для рослин

Назва рослин	Екологічні фактори			
	Температура	Освітлення	Вологість	Інші фактори

Висновки. За результатами проведених досліджень підготуйте звіт про стан рослин, з різних місць існування. Доведіть наявність безпосереднього зв’язку між зовнішнім виглядом рослин та станом середовища їхнього існування.

Контрольні запитання для СРС

1. Чому ми вважаємо рослини живими організмами?

2. Які умови є найбільш придатними для росту та розвитку відповідного виду рослин?

3. Як умови середовища випливають на зовнішній вигляд рослин?

4. Які зміни на рівні хімічної організації клітини відбуваються у рослин під впливом негативних чинників навколишнього середовища?

5. Як відомо оптимальні показники екологічних факторів і межі витривалості не є абсолютно сталими протягом усього життя організмів.

Як можна пояснити такі зміни оптимумів.

6. Яких біологічних переваг набувають рослини внаслідок наявності у них широкого спектру мінливості?

7. У чому полягає сукупна дія екологічних факторів?

8. Яким чином діяльність людини впливає на тривалість життя дикорослих рослин?

9. Як ви розумієте висловлювання: «Людина впливає на біогеоценози, а змінені біогеоценози – на людину».

10. Чому одні види гинуть під впливом певних факторів довкілля, а інші чудово існують за таких умов?

Практична робота № 3.

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.

Практична робота № 4

Вивчення орієнтації у мокриць з використанням простої камери

Основні відомості. У простих дослідах подібного типу можна дослідити реакцію тварин на умови середовища, які відповідають крайнім значенням досліджуваної змінної. Проявом позитивного таксису в такому випадку буде надання переваги тваринами певним умовам середовища. Наприклад, мокриці в камері, де вони можуть вибирати високу або низьку вологість, скупчуються в більшій кількості у вологій половині, проявляючи, таким чином, позитивний гідротаксис. Використовуючи поєднання різних змінних (різних факторів), можна ускладнити експеримент, щоб з'ясувати, яка з них (чи який з факторів) сильніше впливає на кінцеву реакцію.

Реєструючи активність мокриць в кожній половині камери, можна вивчати кінез. Результати такого дослідження показують, що відразу після розміщення тварин у камеру на межі двох ділянок з різними умовами одні мокриці безладно повзають, а інші залишаються нерухомими. Однак незабаром всі мокриці починають рухатися, причому швидкість їх руху завжди більша на сухій половині. Цю підвищену рухливість на сухій частині, що носить безладний характер, можна зрозуміти, як спробу знайти оптимальні умови, і коли мокриці знаходять ці умови, їх рухливість зменшується.

Такі реакції служать прикладом ортокінезу. У вологій частині камери мокриці рухаються повільніше і в результаті, як правило, накопичуються саме тут. Перевага вологої камери вказує на позитивний таксис по відношенню до вологості.

Не всі подібні реакції жорстко детерміновані, деякі з них можуть варіювати в залежності від інших факторів, наприклад, від ступеня голоду, спраги, освітленості, темряви, тепла, холоду або вологості.

Матеріали та обладнання: 1) капронова тканина (20х30 см); 2) дві пластикові чашки Петрі однакового діаметра; 3) липка стрічка (скотч); 4) гаряча металева паличка; 5) вата; 6) безводний хлористий кальцій або суха потовчена крейда; 7) гумове кільце; 8) спиртівка; 9) 10-15 живих мокриць; 10) пластилін.

Хід роботи:

1. У центрі дна чашки Петрі за допомогою нагрітої металевої палички зробіть отвір діаметром 1 см.
2. Виріжте з старих колготок круг діаметром 10 см, натягніть його на цю ж чашку Петрі і закріпіть за допомогою гумового кільця з липкої стрічки.
3. Дно другої чашки Петрі розділіть на дві половинки за допомогою смужки плас-тіліну товщиною 0,5 см і висотою, що дорівнює висоті бортика чашки.
4. В одну половину цієї чашки помістіть просочену водою вату, а в іншу – гранули безводного хлористого кальцію або потовченої крейди.
5. Зміцніть першу чашку над другою за допомогою липкої стрічки, як показано на малюнку.
6. Через отвір у верхній чашці Петрі, обережно, не пошкодивши, внесіть в отриману камеру мокриць і з інтервалом в 3-5 хв записуйте протягом 30 хвилин загальне число тварин і число активних (що пересуваються) тварин в кожній половині камери в таблицю.

7. Побудуйте графік числа мокриць в кожній половині камери в залежності від часу.

8. Розрахуйте відсоток активних мокриць в сухій половині і складіть графік його залежності від часу.

9. Поясніть отримані результати, спираючись на уявлення про кінез і таксиси.

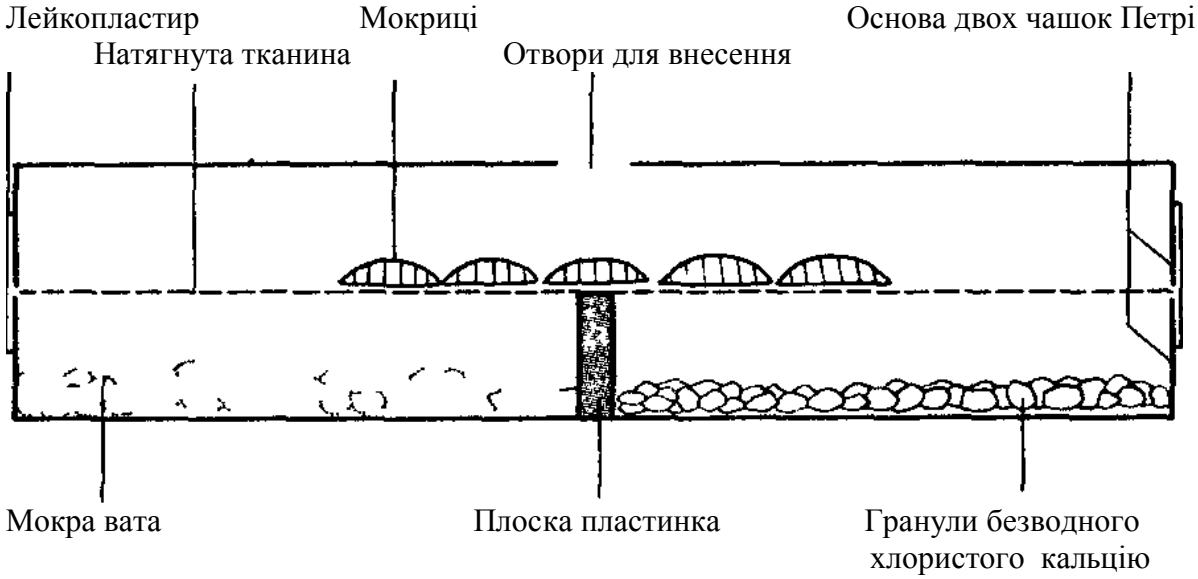


Рис. Камера для вивчення реакції мокриць на вологість

Таблиця

Зразок таблиці з результатами

Час, хв	Волога половина		Суха половина		Частка активних мокриць на сухій половині, %
	Загальна кількість мокриць	Кількість активних особин	Загальна кількість мокриць	Кількість активних особин	
0	4	1	6	4	40
3	5	2	5	5	50
6	.	і т.д.	.	і т.д.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
30	.	.	.	.	.

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. З чим пов'язаний рух тварин?
2. Які позитивні і негативні таксиси проявляють мокриці в досліді?
3. Чим пояснити активність мокриць на сухій половині камери?
4. Які чинники можуть впливати на реакції мокриць у досліді?
5. Чи узгоджуються кінцеві результати досліду з загальноприйнятими відомостями про поведінку мокриць?

Практична робота № 5

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 № 6

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 доброї 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 стрункий *(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)*
	Кострица 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 № 7

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)*	Трирeберник 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 № 8

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?

Практична робота № 9

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?

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 № 10

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 затрудняється. 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 № 11

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° 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° С і через 15 хвилин після цього беруть другу пробу, яку також переносять у холодну воду.
4. Так поступово довести температуру до 70° С, беручи проби через кожні 15 хвилин при підвищенні температури на 5° 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° C	45° C	50° C	55° C	60° C	65° C	70° C

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 № 12

Вплив забруднювачів на вилуплення з яєць рачків артемії

Солоноводний рачок артемія (Artemia salina) – це дрібне ракоподібні, що служить їжею для інших водних тварин і, отже, що становить важливу ланку в ряді водних харчових ланцюгів. Вилупленими з яєць личинками артемії харчуються личинки риб, а дорослими рачками (розміром близько 1,25 см) – великі риби.

Тіло рачка завдовжки 1-1,5 см. Самці дрібніші від самиць. Забарвлення залежить від споживаної їжі і концентрації розчиненого у воді кисню і варіює від зеленого до яскраво-червоного.

Харчується планктонними найпростішими, одноклітинними водоростями, бактеріями та органічними рештками. Поживу відфільтровує з товщі води. Теплолюбний вид. РАчок активний при температурі 25-28 °С. При зниженні температури його життєві процеси сповільнюються, і при температурі менше 5 °С він гине. Яйця розвиваються у виводковій камері, поки не вилупиться вильноплаваюча личинка науплій. За несприятливих умов самиці відкладають замість яєць цисти, які можуть зберігати свою життєздатність протягом 3 — 4 років. При встановленні сприятливих умов з цист вилуплюються науплії.

Оскільки артемія служить їжею багатьом морським тваринам, для забезпечення виживання виду виробилися два механізми. По-перше, у артемії високий біотичний потенціал, тобто численне потомство. Один рачок може давати кілька сотень яєць двох типів. Яйця одного типу стійкі до кліматичних змін і висушування, можуть переживати зиму і давати личинок (науплій) навесні. Яйця іншого типу забезпечують інший механізм виживання. Вони можуть переносити умови, непридатні для хижаків, що харчуються артемією, наприклад, воду з дуже високою солоністю (до 3,5% солі) або життя в непостійних водоймах, ставках і калюжах, що періодично з'являються, а потім пересихають, іноді на кілька років.

Мета роботи: перевірити дію різних забруднювачів на відсоток вилуплених ли-чинок (науплій) з яєць артемії.

Матеріали та обладнання:

1) 6 малих і 6 великих чашок Петрі; 2) 0,5 г кухонної солі, машинне масло, лимон-на кислота, пестицид, хлористий цинк, щурячий або мишачий послід; 3) стереоскоп; 4) пастерівська піпетка; 5) освітлювальна лампа; 6) pH-індикатор; 7) яйця артемії (бувають у продажу в зоомагазинах)

Хід роботи:

1. Приготуйте 1% розчин кухонної солі (0,5 г солі на 50 мл води).

2. Налийте 20 мл отриманого розчину в чашку Петрі і позначте її як «Контроль».

3. Приготуйте і позначте чашки Петрі з наступними видами «забруднення»:

а) «розлиття нафти»: до 20 мл розчину солі додайте краплю машинного масла;

б) «кислотний дощ»: доведіть 20 мл розчину солі до pH 5 або 6, додаючи лимонну кислоту;

в) «поверхневий стік з пестицидами»: додайте до 20 мл розчину солі пестициду до концентрації 2 млн.$^{-1}$ (одна мільйонна частка);

г) «забруднення важкими металами»: додайте до 20 мл розчину солі хлористого цинку до концентрації 1 млн.$^{-1}$;

д) «поверхневий стік, що містить каналізаційні води»: покладіть в 20 мл розчину солі два кульки свіжого щурячого посліду і потовчіть його скляною паличкою.

4. За допомогою стереоскопічного мікроскопа відрахуйте на папері 50 яєць артемії і помістіть їх в сольовий розчин контрольної чашки Петрі. Зробіть те ж саме для чашок Петрі з забруднювачами. Помістіть чашки Петрі в оптимальні для розвитку яєць умови: +23-25ºС, достатнє освітлення.

5. Щодня протягом тижня перевіряйте в чашках появу личинок з яєць.

6. Для цього поставте чашку під стереоскопічний мікроскоп. Помістіть джерело світла біля одного з її країв. Як тільки личинки артемії припливуть у світлу зону (це їх природна реакція), порахуйте їх і видаліть пастерівської піпеткою.

7. В кінці тижня визначте і порівняйте відсоток яєць, з яких вивелися личинки.

8. Заповніть наступну таблицю і зробіть висновки про вплив різних забруднювачів на вихід з яєць личинок артемії.

Таблиця

Чашка Петрі	Кількість яєць	Кількість вилуплених личинок	% вилуплених личинок	Висновки
Контроль				
Розлиття нафти				
Кислотний дощ				
Поверхневий стік з пестицидами				
Важкі метали				
Каналізаційні води				

Висновки:

Контрольні запитання для СРС

1. Яку роль відіграють артемії в харчовому ланцюгу водної екосистеми?

2. Які адаптації забезпечують виживання артемії як виду?

3. Яким чином забруднювачі можуть завдати шкоди водній екосистемі, в якій мешкають артемії?

4. Який вплив мають деякі забруднювачі на відсоток вилуплення науплій з яєць артемії?

5. Які забруднювачі найбільш згубні для яєць артемії?

ФІТОІНДИКАЦІЯ

Практична робота № 13

Визначення стану довкілля за площею листків дерев на вулицях міста

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

Основні відомості. Фітоіндикаційні методи дають змогу об'єктивно оцінювати ступінь антропогенної трансформації екотопів, фітоценозів та атмосфери з метою подальшого прогнозування їх змін та розробки системи природоохоронних заходів щодо оптимізації урбосередовища. 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:

$$K = \frac{S_л}{S_{кв}} \qquad S_л = \frac{P_л \cdot S_{кв}}{P_{кв}}$$, 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 (A) та ширину (B) кожного листка і помножте на перевідний коефіцієнт (K): $S = A \cdot B \cdot K$.

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 № 14

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

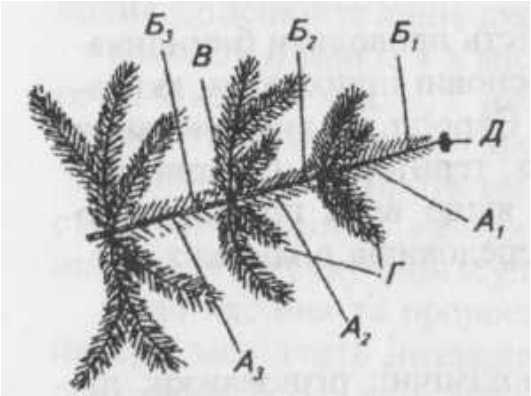
За завданням викладача, за тиждень до занять, зріжте гілки умовно одновікових хвойних дерев, найбільше поширених у даній місцевості (наприклад, для міських умов – ялина звичайна і ялина голуба колюча). Гілки зрізають на висоті 2м з певної частини крони, повернутої до зон із забрудненим повітрям (поблизу 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 № 15

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 годині 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.

Практична робота № 16

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.

ПІ. 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 загостріть 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			
	Висо-та, см	% до К	Вага, г	% до К	Дов-жина, 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 ?

ДОСЛІДЖЕННЯ ОКРЕМИХ ГРУП ҐРУНТОВИХ ОРГАНІЗМІВ

Практична робота № 17

ҐРУНТОВІ ВОДОРОСТІ

Методи дослідження ґрунтових водоростей визначаються особливостями цих організмів-фототрофів. Більша частина водоростей зосереджена у верхніх шарах ґрунту. Поняття “ґрунтові водорості” включає дві екологічні групи: наземні водорості, які живуть лише на поверхні, і власне ґрунтові водорості, які можуть жити і в товщі ґрунту.

Вивчення ґрунтових водоростей починається зі спостережень у природі. На ділянці, вибраній для збирання зразків, перш за все оглядають поверхню ґрунту, відмічаючи наявність чи відсутність водоростей, помітних неозброєним оком. Досліджують залежність цих розростань від особливостей рельєфу, густоти травостою, віддаленості дерев, характеру опаду та інших структурних особливостей біогеоценозу. Облік кількості водоростей при поверхневих розростаннях ведуть на площу – квадратні метри чи дециметри і визначають їх масу.

Методи виявлення водоростей у ґрунті

При наявності поверхневих розростань водоростей доцільно застосовувати пряме мікроскопіювання ґрунту у краплині води в препаратах “роздавлена капля”. Таким чином виявляють різні види ностоків, *Microcoleus*, а також види, які не ростуть у культурах (*Euglena mutabilis* та ін.). Однак для більшості видів такі препарати не дають уявлення про всю різноманітність існуючих у ґрунті форм. Найпростішим методом є метод ґрунтових культур.

У чашки Петрі на поверхню зволоженого ґрунту можна помістити стерильні покривні скельця таким чином, щоб між ґрунтом і скельцем залишалися окремі повітряні камери. У цих вологих камерах у краплинах води на внутрішній поверхні скла будуть розвиватися водорості, особливо діатомові. Через 1-1,5 тижні скельця знімають пінцетом, поміщають на предметне скло в каплю води і мікроскопіюють. Не всі види ґрунтових водоростей розростаються одночасно: звичайно першими з'являються зелені водорості, потім синьо-зелені й діатомові. Як правило, для повного виявлення видового складу потрібно 2-3 місяці. Доцільно проглядати скельця послідовно, через 3-5 днів. Ґрунт у чашках постійно зволожують до 80-100% повної вологоємності, не допускаючи перезволоження. Одночасно з водоростями на скельцях розвиваються бактерії, гриби, актиноміцети, представники мікрофауни.

Ґрунтову культуру можна приготувати і на фільтрувальному папері. Для цього ґрунт зволожують дещо сильніше, а поверхню вирівнюють стерильним шпателем і покривають кружком фільтрувального паперу. Папір проколюють голкою. Чашки витримують на добре освітленому місці і постійно зволожують. Переважно через 1-2 місяці водорості добре розвиваються на папері. Після завершення досліду папір можна помістити в банку з 4% формаліном, а потім висушити.

Для приготування водних і агарових культур водоростей використовують мінеральні середовища:

розчин Брістоль у модифікації Голлербаха (г/л дистильованої води): $NaNO_3$ - 0,25; KH_2PO_4 - 0,25; $MgSO_4$ - 0,15; $CaCl_2$ - 0,05; NaCl - 0,05; $FeCl_3$ - сліди; pH 4,3;

розчин Бенеке (г/л дистильованої води): NH4NO3 - 0,2; CaCl2 - 0,1; K2HPO4 - 0,1; MgSO4 - 0,1; Fe2Cl6 – сліди.

Приготоване середовище розливають у конічні колби невисоким шаром, закривають ватними корками і стерилізують при температурі 1210 С протягом 20 хвилин. Середовища засівають невеликою кількістю ґрунту, бажано свіжого. Для посіву беруть наважку ґрунту (1-2 г), дотримуючись принципу середньої проби зі зразка і використовуючи 2-3-кратне повторення культур. Посів можна здійснювати розсипом чи ґрунтовою суспензією. Культури інкубують на світлі. Їхній огляд проводять багаторазово протягом 3-4 місяців. Розвиток водоростей у культурах починається через 2-3 тижні.

Для приготування препаратів наносять на предметне скло проби нальотів і плівок із дна й стінок колб, із поверхні й товщі розчину. Агарові культури (1,5-2% агару) використовують для виділення діатомових, зелених і синьо-зелених (ціанобактерій) водоростей. З допомогою водних культур звичайно виявляють загальний склад існуючих у ґрунті видів. Кількісне співвідношення між видами визначають методом ґрунтових культур зі “скельцями обростання”.

Широке застосування отримали середовища, які містять ґрунтову витяжку. Стандартне середовище Данилова передбачає ґрунтову витяжку: 250 мл витяжки, 750 мл води, 0,2 г $Ca(NO_3)_2$ і 0,2 г K_2HPO_4. Для приготування ґрунтової витяжки одну частину ґрунту збовтують із чотирма частинами води (для торф’яних ґрунтів – 1:25) і фільтрують через складчастий фільтр.

Методи кількісного обрахунку водоростей

Обрахунок чисельності й біомаси ґрунтових водоростей проводять двома методами, які засновані на різних принципах. Перший метод – **пряме зважування** – використовується для визначення маси поверхневих кірочок чи плівок водоростей. Для цього зважують колонії, кірочку чи войлок водоростей, зібраних із певної площі (1см^2 чи 1дм^2). Унаслідок того, що в кірочках водоростей немало ґрунтових частинок, справжня вага органічної речовини визначається за її зменшенням після спалювання наважки.

Друга група методів – **підрахунок водоростей**, розсіяних між частинками ґрунту. Виділяють культуральні методи, що засновані на послідовному розведенні ґрунтової суспензії з подальшим засівом її в поживні середовища; і прямі, які базуються на підрахунку клітин при мікроскопіюванні ґрунту. Ці методи мають ряд недоліків.

Найбільшого поширення отримав метод Виноградського у модифікації Штіни. Він полягає в наступному. Наважку ґрунту масою 1 г збовтують 3 хвилини з 4 мл дистильованої води, відстоюють 30 секунд і зливають у центрифужну пробірку. Операцію повторюють ще два рази, додаючи до осаду по 3 мл води. Усі суміші зливаються разом і потім їх ділять на три частини, які центрифугують протягом 1 хв. при 500 об/с. Осади після центрифугування розбавляють дистильованою водою. З добре перемішаного осаду беруть одну краплю рідини і поміщають її на пластинку для підрахунків. Кількість клітин рахують при великому збільшенні мікроскопа. Знайдене число клітин множать на коефіцієнт, який отримують від перемноження трьох чисел, що позначають об'єм досліджуваної суспензії, кількість крапель в 1 мл і

об'єм усієї суміші. Кількість клітин у всіх суспензіях сумують і отримують кількість водоростей в 1 г ґрунту.

Методи дослідження таксономічного складу ґрунтових водоростей

Для вивчення видового складу ґрунтових водоростей користуються **методом культур**. Розвиток водоростей у водних культурах звичайно стає помітним через 2-3 тижні перебування на світлі. При цьому спостерігають певну послідовність появи й зникнення видів у культурах. Це зумовлює необхідність багаторазового огляду водоростей по мірі їхнього розвитку – від 3 тижнів до 3-4 місяців.

Найперше, інколи через 1-15 днів, появляються зелені водорості – види родів *Chlamidomonas*, *Chlorococcum*, улотриксові та інші. Вони утворюють зелену плівку на поверхні розчинів, на стінках колби. На дні утворюється зелений наліт із видів порядку *Chlorococcales.* Після 3-4 тижнів росту у культурі появляється велика кількість діатомових водоростей, часто у вигляді довгих ниток, які швидко зникають і у двомісячній культурі звичайно вже не виявляються. Синьо-зелені й жовто-зелені появляються пізніше, після 5-6 тижнів. Із синьо-зелених раніше всього розростаються *Phormidium*, пізніше види родів *Nostoc*, *Anabaena* і *Cylindrospermum*, потім види родів *Lingbya*, *Plectonema*, *Schizothrix* і *Tolypothrix*.

При старінні культур (після 3-4 місяців) відбуваються, як правило, такі зміни: зменшується загальне число видів, повністю зникають діатомові водорості, більшість зелених і жовто-зелених; переважають синьо-зелені, особливо види родів *Plectonema*, *Tolypothrix* і деякі одноклітинні жовто-зелені.

При посіві ґрунтового дрібнозему на агаризоване середовище навколо кожної ґрунтової частинки виростає невелика кількість чи один вид, тому з агарових культур легко виділити альгологічно чисті культури.

При виявленні діатомових водоростей необхідно використовувати лише препарати з живих культур. Для приготування препаратів водоростей поміщають на предметне скло проби нальотів і плівок (водні культури), розростань водоростей навколо частинок дрібнозему чи колоній водоростей (агарові культури), дотримуючись звичайних умов стерильності. Ідентифікацію водоростей проводять за морфологічними ознаками із допомогою спеціальних визначників.

Комплексні методи обліку складу і чисельності водоростей

Наважку ґрунту 20 г беруть із просіяного змішаного зразка і поміщають у чашку Петрі. Зверху на ґрунт розкладають покривні скельця і витримують культуру певний час, контролюючи вологість. Через 5-6 днів скельця мікроскопіюють, записують кількість чи частоту виявлення (у %) і різноманітність водоростей по родах (у балах). Приймаючи загальну розповсюдженість основних систематичних груп за 100%, розраховують відносну середню розповсюдженість водоростей по родах і видах.

Коротко описують процес дослідження, об’єкти вивчення та проміжні результати. Всі результати записують у вигляді таблиці, яку формують залежно від вибраного методу та отриманих показників. Роблять відповідні пояснення та висновки.

Практична робота № 18

ҐРУНТОВІ ТВАРИНИ

Методи дослідження ґрунтових безхребетних

Вибір прийомів для обліку різних груп існуючих у ґрунті тварин визначається властивостями ґрунту та об'єктів дослідження. Облік великих безхребетних (мезофауна) проводять **методом вилучення** (вибирання) тварин із ґрунту. Простим методом вибирання є метод ґрунтових розкопок. Розмір пробної площадки залежить від рівня вологості ґрунту, частіше всього 0,25 м^2 (0,5×0,5 м); в сухих районах до 1-2 м^2. Чим більше закладено ґрунтових розкопок, тим точніший результат. Відстань між розкопками – 5-10 м; глибина – 30-50 см, у сухих місцях і на легких ґрунтах – до 100 см.

Із розкопок або ґрунтового розрізу ґрунт вибирають пошарово чи по генетичних горизонтах. Розкопки проводять таким чином: відмічають розмір площадки, забивають по кутах кілки, натягають між ними шнур. Потім від границь відміряної площадки відгрібають у різні боки опад або підстилку (якщо проба береться в лісі) чи суху землю поверхневого шару (на пару).

Поряд із площадкою поміщають поліетиленову плівку чи щільну тканину, на яку потім кладуть вибраний з розкопок ґрунт. Спочатку з площадки руками знімають опад та інші рослинні рештки, які ретельно перебирають руками, перераховуючи і збираючи усіх знайдених тварин. Особин, що зустрічаються на поверхні ґрунту, рахують окремо від тих, яких вибирають безпосередньо з ґрунту. Потім викопують лопатами і висипають на плівку невеликі порції ґрунту, які ретельно перебирають руками, перетирають між долонями, уважно відслідковуючи й збираючи усіх тварин. Тварин вибирають окремо з кожної проби й шару. Безхребетних, які потребують спеціальної складної фіксації (дощові черви, молюски), поміщають у тканинні мішечки чи банки з невеликою кількістю взятої для проби ґрунту. Хижаків розміщують поодинці. Дрібних комах, багатоніжок, мокриць для фіксації поміщають у пробірки з 70^0-ним спиртом та кількома краплями гліцерину чи формаліну, великих комах – у посудини зі спиртом.

Зібраний і зафіксований матеріал підлягає систематичній обробці для визначення видової належності, що роблять за допомогою спеціальних визначників.

Для обліку личинок комах (хрущів, коваликів, крупних видів довгоносиків, мух) використовують сільськогосподарський обробіток ґрунту плугом. Личинки збирають у борозні і рахують. Кількість тварин за плугом перераховують на кожний погонний метр.

Для обліку дротянок використовується метод приманок: тварин виловлюють кусочками картоплі на паличці, які закопують на глибину коло 5 см на відстані 50-100 см один від одного. Для підрахунку гусениць на полях просапних культур і на парах розкладають купки бур'янів чи скошеної трави. Під кожною такою купкою у місцях із високою щільністю шкідників деколи накопичується по кілька десятків особин. Перевірку й підрахунок гусениць проводять рано-вранці на наступний день після розкладання.

Для визначення кількості дощових червів у ґрунті, крім методу вилучення використовують також метод поливу поверхні ґрунту рідинами, які подразнюють пок-

риви червів та примушують їх виходити на поверхню. Використовують 0,14-0,5% розчин формаліну.

Для обліку мезофауни використовують стандартний метод пасткових ліній. Ця методика широко застосовується для збору активних на поверхні ґрунту комах (жужелиці, жуки тощо). Лінії ставлять двома паралельними рядами з певними проміжками між пастками Барбера (до 10 метрів). У лінії може бути від 5 до 15 пасток. В якості пасток використовують скляні банки на 0,5 л з 4% формаліном. Для захисту від дощу над пастками на висоті 4-5 см установлюють дашок розміром 15×15 см. Пастки перевіряють щоденно протягом 10 діб. Кількість комах виражають в одиницях динамічної густоти – частотою попадання на 10 пастко/діб. Домінантними вважають види, кількість яких складає більше 5%, субдомінантними – 2-5% від загального числа зібраних особин.

Для обліку енхітреїд використовують спеціальні методи. Один із них – метод О`Коннора – полягає в наступному: на носик великої лійки (діаметр приблизно 10 см) надівають гумову трубку із затискачем, під яку ставлять посудину. У лійку наливають доверху воду, а на верхній частині лійки закріплюють сито. На ситі розміщують пробу ґрунту так, щоб він був занурений у воду. Над пробою включають 60-ватну електролампочку. При нагріванні проби енхітреїди переміщуються вниз і, проходячи крізь дірки сита, тонуть у воді, накопичуючись у носику трубки і в гумовій трубці. Після 3 годин вигонки відкривають затискач і черви з водою потрапляють у посудину, де їх легко перерахувати.

Для обліку дрібних членистоногих у ґрунтових пробах використовують різні лабораторні методи. Один із них - це метод підрахунку мікроартропод вручну. Для цього зразки проб обгортають пергаментним папером чи поліетиленом так, щоб не порушився склад ґрунту, нумерують, складають у дерев'яний ящик, який погано проводить тепло, і транспортують до місця аналізу. У лабораторії для підрахунку користуються лупою та, розділюючи грудочки ґрунту препарувальними голками, безпосередньо підраховують усіх тварин. Даний метод досить трудомісткий.

Найбільш поширеним способом дослідження чисельності ґрунтових мікроартропод (кліщі, коленболи, симфіли) треба визнати методи “автоматичного відділення” членистоногих із ґрунтових проб – еклекторні методи. Вони базуються на одній загальній для всіх жителів ґрунту особливості – негативному фототаксисі ґрунтових жителів та униканні ними підсихаючого ґрунтового шару. Пробу ґрунту (5-1000 см^2) поміщають на сито, вставлене в лійку трохи більшого діаметру. Під носик лійки ставлять посудину з фіксуючою рідиною – 70^0 спиртом чи 2% формаліном. При підсиханні ґрунту зверху усі членистоногі стараються проникнути глибше. Переходячи крізь дірки сита, вони потрапляють у посудину з фіксуючою рідиною, де їх підраховують. Для швидкого підсушування ґрунтової проби чи підстилки використовують нагрівання лампочкою 40 Вт. Цей спосіб запропонований шведським ентомологом Туллгреном.

Для підрахунку нематод у ґрунті найчастіше використовують метод із “лійкою Бермана”. Прилад складається з лійки, яку вставляють носиком у пробірку. Лійку з пробіркою розміщують у посудині (склянці), в яку наливають воду так, щоб лійка була майже доверху наповнена. Це легко зробити, коли діаметр лійки дорівнює або дещо більший діаметра склянки. На сито в лійці кладуть пробу ґрунту певного об'єму (1 см^3) чи маси (1 г) слідкуючи, щоб проба була занурена у воду. Пробу ґрунту

краще помістити на сито, не очікуючи її висихання. Нематоди переповзають через дірки сита і скочуються у пробірку. Підрахунок нематод проводиться через добу на годинниковому склі чи у спеціальній камері.

Методи дослідження ґрунтових найпростіших

Для виявлення й обліку найпростіших найчастіше використовують метод пророщування ґрунтового дрібнозему у вологих камерах на покривних скельцях, які покриті тонким шаром агару. Водну витяжку з ґрунту (1 кг ґрунту, 1 л води) кип'ятять 1 год., відстоюють добу і фільтрують. В отриманий фільтрат додають 1% агару, очищають яєчним білком і наносять тонким шаром на ретельно вимиті й знежирені покривні скельця. Скельця потім розкладають на вологий фільтрувальний папір у чашки Петрі. Зразки ґрунту подрібнюють і просівають через сито з діаметром отворів 0,25 мм. Потім ґрунтовий дрібнозем із допомогою трубки, один кінець якої закритий сіткою, рівномірно висівають на покривні скельця. Чашки зі скельцями інкубують при температурі 20-220 С протягом 7-10 днів.

На скельцях можна спостерігати розвиток і активний рух найпростіших in situ, а потім виділяти їх у чисті культури.

Щоб приготувати забарвлені препарати зі скелець покритих агаром із ґрунтовим дрібноземом, потрібно занурити їх у пари 1% осмієвої кислоти чи в рідину Шаудіна, а потім зафарбувати їх молібденовим гематоксиліном. Повторність 10-кратна. Враховуючи площу скелець та поля зору мікроскопа, а також вагу ґрунтового дрібнозему, вираховують кількість протистів у 1 г ґрунту. Найкраще цим методом обліковуються ґрунтові амеби.

Для виділення й підрахунку активно рухливих інфузорій, амеб і джгутикових використовують метод крайніх розведень наважки ґрунту рідким поживним середовищем із математичною обробкою даних за таблицею Мак-Креді.

Для кількісного обліку простіших використовують також метод Сінгха. Готують 16 стерильних чашок Петрі діаметром 10 см, у кожній з яких знаходиться вісім скляних кілець висотою 10 мм, внутрішнім діаметром 20 мм і товщиною стінок 1-1,5 мм. У чашки розливають гарячий стерильний агар (1,5% агар-агару, 5 г NaCl, і 1 г $CaCO_3$ на 1 літр води) і розміщують кільця по краю чашки так, щоб вони не торкалися. Після застигання агару в центр кожного кільця наносять каплю густої суспензії *Escherichia coli*.

Чашки ставлять на добу в термостат при температурі 37^0 С для розвитку колоній бактерій. 10 г ґрунту, підготовленого з допомогою розтирання до аналізу, вносять у колбу з 50 мл стерильної водопровідної води, кілька хвилин збовтують і дають відстоятися 30 с.

Отримана ґрунтова суспензія являє собою розведення 1:5. Із колби з ґрунтовою суспензією відбирають піпеткою 5 мл і переносять у пробірку з 5 мл стерильної води (розведення 1:10), а потім 5 мл отриманої суспензії переносять у наступну пробірку (1:20) і т.д. до отримання 15-го розведення. З кожного розведення окремою піпеткою наносять по каплі суспензії на колонію *Escherichia. coli* в кожне із восьми кілець однієї чашки Петрі. Кожна чашка відповідає одному розведенню у восьми повтореннях. Перша чашка залишається контрольною – тільки з *Escherichia coli*. Чашки поміщають у термостат при температурі 20-22° С на 15 днів. Через 6-7 днів

проглядають кільця для виявлення активних найпростіших. Для цього стерильною мікробіологічною петлею роблять зіскріб із поверхні агару всередині кільця, додають каплю стерильної води й препарат досліджують під мікроскопом. Кільце, з якого розпочали огляд, відмічають.

Кількість найпростіших визначають, підраховуючи кільця, в яких виявленні найпростіші, і кільця без них у кожному розведенні. Потім за таблицею визначають число найпростіших в 1 г ґрунту.

Методи обліку раковинних амеб

Для роботи з раковинними амебами найбільш придатні прямі методи, які дозволяють визначити й підрахувати тестациди. До них належить метод мікроскопіювання водної суспензії ґрунту. Він полягає в наступному. Суспензія, приготована зі 100-200 мг субстрату і 20-25 мл води, залишається на декілька годин для розмочування ґрунтових частин.

Потім суспензію збовтують протягом 10 хвилин і зливають у чашку Петрі, дно якої розкреслене на квадратики по 1 см^2. Крупні частини ґрунту руйнують з допомогою препарувальної голки. Дрібнозем розподіляють по дну чашки дрібним шаром. Суміш розглядають під мікроскопом при малому (об’єктив 8×) і великому (об’єктив 40×) збільшенні. Число раковинок підраховують у 14 квадратах, розташованих хрестоподібно по діагоналі чашки. Загальну кількість амеб у наважці визначають за формулою:

$\frac{N}{14} \times S$, де: **N** – число раковинок у 14 квадратах, **S** – площа дна чашки.

Прямий метод кількісного обчислення тестацид за М.С. Гіляровим: проба (0,5 см^3) зі свіжого ґрунтового зразка заливається розчином плазмового фарбника віоламінблау в розчині фенолу. Потім пробу розводять у 25 раз водою і поділяють на 5 порцій. Раковинні амеби підраховують під мікроскопом у чашках Петрі з розкресленим на квадрати дном і перераховують на вихідний об'єм ґрунту.

Часом у дослідженнях використовують метод виділення та обліку раковинних амеб, заснований на принципі флотації. При пропусканні повітря через посудину із ґрунтовою суспензією раковинки десорбуються з поверхні частинок, наповнюються газом, спливають на поверхню рідини, тут їх і збирають.

Облік усіх розмірних груп, розділення живих амеб і пустих раковинок проводять методом фарбування ґрунтових мазків. 5 г свіжого ґрунту насипають у колбу з 50 мл води і залишають на декілька годин для розмокання ґрунтових частин, вміст колби збовтують протягом 10 хв. При наявності певного обладнання через суспензію можна пропустити потік повітря. Не перестаючи збовтувати, з центру колби піпеткою відбирають суспензію, поміщають каплю на знежирене предметне скло, додають до неї каплю напіврідкого підігрітого агару (0,5%). Перемішують дві каплі препарувальною голкою, розподіляючи їх на площі 8 см2. Мазки підсушують на повітрі і зафарбовують карболовим еритрозином (1%-ий розчин в 5%-ій карболовій кислоті) протягом 1 год., промивають і підсушують. Цитоплазма живих амеб забарвлюється у насичений малиновий колір, пусті черепашки – у рожевий. Підраховують тестациди під мікроскопом.

Практична робота № 19

ҐРУНТОВІ ГРИБИ

Методи виявлення й обліку ґрунтових грибів

Для виділення мікроскопічних грибів із ґрунту часто використовують підкислені молочною кислотою (4 мл/л) синтетичні середовища й сусло-агар із простими вуглеводами, наприклад, середовище Чапека такого складу: сахароза - 20,0; $NaNO_3$ – 2,0; KH2PO4 – 1,0; MgSO4×7H2O – 0,5; KCl – 0,5; FeSO4 – 0,01; агар – 20,0. Кисла реакція середовища гальмує розвиток бактерій.

Досліджуючи гриби, які не розвиваються на кислих середовищах, в якості інгібіторів бактерій використовують різні барвники – бенгальський рожевий, кристалічний фіолетовий, малахітовий зелений і деякі інші. Використовують також комбінації з барвників і антибіотиків. Для селективного виділення грибів із ґрунту використовують наступні антибіотики: хлороміцетин (5 мг/л), неоміцин (50-100 мг/л), поліміксин (50 мг/л), пеніцилін (50 мг/л), ендоміцин (5-10 мг/л).

Для виявлення грибів немає одного універсального середовища. Сапротрофні ґрунтові мікроміцети за здатністю засвоювати той чи інший субстрат об'єднують у різні групи: сахаролітичні, розкладачі целюлози, лігніну, кератину, хітину тощо. Для виділення мікроміцетів, які швидко засвоюють легкодоступні вуглеводи, використовують сусло-агар, середовище Чапека, середовище Мартіна та інші. Гриби, які не витримують конкуренції за моноцукри при високих їх концентраціях у середовищі, виявляють на “голодних” середовищах – водний агар, агар із ґрунтовою витяжкою, агар із розведеним у 8-10 раз суслом. На цих середовищах більшість мікроміцет розвиваються повільно, утворюючи малі (2-3 мм у діаметрі) колонії, добре відокремлені один від одних, що сприяє виділенню грибів у чисті культури.

Готуючи ґрунт до мікробіологічного посіву з метою виявлення і кількісного обліку мікроскопічних грибів, необхідно десорбувати спори й міцелій з поверхні ґрунтових часток, дезагрегувати мікроколонії грибів і розбити грибні гіфи на достатньо близькі за розмірами фрагменти. Досягається це перемішуванням ґрунтової суспензії (1-10 г ґрунту на 100 мл стерильної води) у міксері (5 хв. 5000 об/хв.), або розтиранням ґрунту, зволоженого до пастоподібного стану.

При обліку ґрунтових грибів ультразвукова обробка дає негативну дію. Великі клітини грибів більше пошкоджуються ультразвуком, ніж малі клітини бактерій.

Для обліку чисельності грибів використовують розведені ґрунтові суспензії 1:100, 1:1000. Оптимальна температура інкубації для більшості грибів 24-26^0. Для спеціального виділення психрофілів або термофілів температуру інкубації міняють у відповідності з оптимальною для цих груп грибів.

Засіяні ґрунтовою суспензією чашки Петрі періодично переглядають, починаючи з 3-5 доби. Кінцевий облік проводиться в середовищах із целюлозою на 6-10 день, із лігніном – через 2-3 тижні, в голодному і ґрунтовому агарі – через 3-4 тижні.

Виділення грибів методом посіву із ґрунтової суспензії в тверді середовища дає можливість більш-менш повно виявити мікроміцети, які є в ґрунтах різних типів.

Для диференційованого обліку спор і міцелію застосовують метод мембранних фільтрів. У колбу вносять наважку ґрунту 1 г і доливають водою до 100 мл. Для

повної десорбції мікроорганізмів у суспензію додають поверхнево активну речовину Твін-60. Суспензію обробляють на ультразвуковому дезінтеграторі (22 кГц, 0,44 А, 2 хв.), вносять у неї суміш $Ca(OH)_2$ і $MgCO_3$ для коагуляції ґрунтових частинок, збовтують 2 хвилини, переносять у мірний циліндр на 100 мл. Після 5 хвилин відстоювання 5 мл суспензії профільтровують через мембранний фільтр. Мембранні фільтри (Д 0,4 мкм) перед цим витримують добу в 0,5% розчині диазинового зеленого для погашення власної люмінесценції, промивають у воді, висушують. Після фільтрації мембранні фільтри висушують, фарбують 0,001% розчином калкофлуору 1-2 хвилини, знову висушують і оглядають під мікроскопом. Спори й гіфи грибів мають яскраво-зелене світіння.

Визначення кількості й біомаси грибів у ґрунті

Для прямого обліку грибів застосовують метод Хансена. Він полягає в наступному: три паралельні наважки по 1 г розтирають у ступці гумовим товкачиком із невеликою кількістю води протягом 5 хвилин. Переносять у колбу з 500 мл дистильованої води і збовтують протягом 5 хвилин. Ґрунтову суспензію переливають у циліндр на 500 мл. Далі завжди з одного і того ж рівня відбирають невідстояну пробу обємом 10 мл і фільтрують через мембранний фільтр з діаметром 2,5 мкм. Після висушування на повітрі мембранний фільтр фарбують сумішшю 1% розчину діанілового голубого і 5% водного розчину фенолу у співвідношенні 1:5, підсушують на повітрі і розглядають під мікроскопом, попередньо освітлюючи фільтр у каплі імерсійної олії. Для кожного ґрунтового зразка використовують два мембранних фільтри, продивляючись у кожному по 50 полів зору. Вимірюють довжину грибних гіф за допомогою окуляр-мікрометра. Використовують об'єктив великого збільшення (40×). ***Довжину міцелію*** обчислюють за формулою:

$$a = \frac{b \times x \times 10^4 \times S \times n \times 10^{-2}}{50 \times P \times \upsilon \times c \times 10}$$

, де **a** – загальна довжина міцелію в 1 г ґрунту (см); **b** – сумарна довжина гіф у 50 полях зору в одиницях окуляр-мікрометра;

x – ціна поділки окуляр-мікрометра (мкм); P – площа поля зору (мкм2);
S – площа фільтра (мм2); c – наважка ґрунту (г);
n – розведення ґрунтової суспензії; υ - об'єм нанесеної суспензії.

Об'єм гіф (см3) розраховують за формулою: $\upsilon = a \times \pi r2$. Якщо діаметр гіфи прийняти за 5 мкм, то $\upsilon = a \times 3{,}14(2{,}5)2 \times 10\text{-}8$, а маса міцелію в 1 г ґрунту буде дорівнювати (г): $g = a \times 19{,}6 \times 10\text{-}8 \times 1{,}05$, де 1,05 – питома маса міцелію.

Використовуючи метод мембранних фільтрів, можна вирахувати число спор грибів у відомій наважці ґрунту. Прораховують 50 полів зору. Число спор в 1 г ґрунту розраховують за формулою:

$$M = \frac{m \times S \times n \times 10^{-2}}{50 \times P \times c \times 10^{-8}}$$

, де M – число спор в 1 г ґрунту, m – число спор у 50 полях зору, інші позначення ті самі, що й для розрахунку довжини гіф.

Біомаса спор вираховується за формулою: $y = \upsilon \times d$, де υ - об'єм клітини, d – питома вага (становить 1,2).

Об'єм клітини розраховують таким способом: $\upsilon = \pi \times a \times b \times 10\text{-}9/6$,
де a – великий, b – малий діаметр клітини (мкм).

Методи спостереження за ґрунтовими грибами у чистих культурах

Культуральні ознаки грибів описують на щільних поживних середовищах у чашках Петрі. Спостереження ведуть від декількох днів до двох тижнів.

Опис культуральних ознак грибів здійснюють за такими пунктами: швидкість росту колонії, зовнішній вигляд, текстура, забарвлення, колір субстратного і повітряного міцелію, дифузія пігменту в агарі, колір зовнішнього середовища. Відмічають складчастість колонії, наявність ексудату, його колір, запах культури.

Характеризуючи морфологічні ознаки культури грибів, її спочатку розглядають у чашках при малому збільшенні мікроскопа, а потім готують мікроскопічний препарат. Для спостереження за репродуктивними органами з колонії вирізають блоки за допомогою коркового свердла. Після їх вилучення на чашках залишаються ямки, а через 1-2 дні ямка заростає міцелієм, який можна розглянути під мікроскопом. Розвиток міцелію і спорогенез спостерігають на агаризованих скельцях.

Ідентифікація грибів проводиться за будовою і способами формування репродуктивних органів, мають значення також морфологічні й культуральні ознаки. Для деяких представників потрібно прослідкувати весь цикл розвитку організму. Належність до класу й роду встановлюється за Атласом родів ґрунтових грибів. Видова ідентифікація проводиться за спеціальними визначниками для окремих родів.

Коротко описують процес дослідження, об’єкти вивчення та проміжні результати. Всі результати записують у вигляді таблиці, яку формують залежно від вибраного методу та отриманих показників. Роблять відповідні пояснення та висновки.

Програмні вимоги до курсу «Факторна екологія»
для студентів І курсу (спеціальність 101 Екологія)

Екологія, предмет вивчення, структура. Етапи розвитку.

АУТЕКОЛОГІЯ (ФАКТОРІАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ)

Поняття середовища існування. Водне, ґрунтове, повітряне середовище.

Екологічний фактор. Класифікація екологічних факторів. Загальні закономірності їх впливу на живі організми. (Правило обмежуючих або лімітуючих факторів Лібіха, закон толерантності В. Шелфорда). Еврибіонти і стенобіонти. Діапазони стійкості та зони екологічної толерантності. Екологічні закони і правила впливу екологічних факторів на живі організми.

Адаптація, стійкість. Біологічні ритми і життєві форми

АБІОТИЧНІ ФАКТОРИ

Світло як екологічний фактор. Вплив сонячного випромінювання на організми. Екологічні групи рослин за відношенням до світла.

Вологість як екологічний фактор. Водообмін у рослин. Водообмін у тварин.

Клімат як екологічний фактор.

Температура як екологічний фактор. Специфіка теплового обміну в рослин. Специфіка теплового обміну в тварин

Ґрунт як екологічний фактор. Екологічні функції ґрунтового покриву. Абіотична складова ґрунту. Біотична складова ґрунту. Функції живої речовини в ґрунті. Видова структура ґрунтової біоти.

Ґрунт — середовище кореневого живлення рослин. Алелопатія. Екологічні групи рослин за субстратом місцезростань і вимогами до елементів мінерального живлення. Засоленість ґрунту. Галофіти.

БІОТИЧНІ ФАКТОРИ

Загальні поняття про біотичні фактори. Зоогенні чинники. Фітогенні чинники. Основні форми біотичних відносин. Екологічні правила Бергмана і Аллена. Енергетичні зв’язки між організмами в екосистемах.

Внутрішньовидові стосунки. Внутрішньовидова конкуренція. Ефект групи. Масовий ефект.

Міжвидові взаємовідносини. Типи міжвидових взаємовідносин. Конкуренція. Концепція екологічної ніші. Математична модель міжвидової конкуренції Лотки-Вольтерра. Хижацтво. Паразитизм. Позитивні взаємовідносини.

Антропогенні фактори.

Запитання до курсу «Факторна екологія» для самоконтролю знань студентів

1. Які основні групи екологічних факторів ви знаєте?
2. У чому полягає суть законів Лібіха та Шелфорда?
3. Як світло впливає на живі системи природи?
4. Що таке еври- та стенобіонти, толерантність та екологічна валентність?
5. Які типи терморегуляції живих систем вам відомі?
6. У чому суть температури як екологічного фактора?
7. Поясніть суть екологічних правил Алена та Бергмана.
8. Назвіть фізичні й хімічні властивості води та її значення для живих систем.
9. Які екологічні групи рослин і тварин за відношенням до вологи вам відомі? Проаналізуйте їх адаптивні пристосування.
10. Охарактеризуйте адаптації з точки зору кібернетичних систем.
11. Назвіть основні типи біотичних взаємовідносин та дайте їм характеристику.
12. Сучасні концепції поняття «екологічна ніша».
13. У чому полягає суть правила конкурентного виключення Г.Ф. Гаузе?
14. У чому полягає суть планктонного парадоксу Хатчинсона?
15. Поясніть значення конкуренції й паразитизму в еволюції видів.
16. Перерахуйте основні завдання та методи екології.
17. Поясніть структуру екології як науки.
18. Що вивчає аутекологія? Поясніть її закони.
19. Дайте визначення поняттям середовища, середовище існування, природне середовище.
20. У чому полягають особливості водного середовища?
21. Опишіть ґрунтове середовище.
22. Охарактеризуйте повітряне середовище.
23. Як ви розумієте поняття екологічний фактор?
24. Як класифікують екологічні фактори?
25. Поясніть правило обмежуючих або лімітуючих факторів Лібіха.
26. Розкажіть про Закон толерантності В. Шелфорда.
27. Розкажіть про діапазони стійкості та зони екологічної толерантності.
28. Які екологічні закони і правила впливу екологічних факторів на живі організми ви знаєте?
29. Що таке адаптації?
30. Порівняйте поняття стійкості та стабільності.
31. Як біологічні ритми й життєві форми організмів пов’язані з адаптаціями?
32. Що ви знаєте про життєві форми у рослин?
33. Охарактеризуйте світло як екологічний фактор.
34. Порівняйте вплив різних спектрів сонячного випромінювання на живі організми.
35. Що ви знаєте про ФАР?
36. Порівняйте екологічні групи рослин за відношенням до світла.
37. Охарактеризуйте воду як екологічний фактор.
38. Які особливості водообміну у рослин?
39. Які особливості водообміну у твармн?

40. Порівняйте різні екологічні групи рослин за відношенням до вологи.
41. Опишіть клімат як екологічний фактор.
42. Які типи теплообміну в організмів ви знаєте?
43. Розкажіть про температурні межі існування організмів.
44. Яка специфіка теплового обміну в рослин?
45. Яка специфіка теплового обміну в тварин?
46. Визначення і загальні поняття про ґрунт.
47. Екологічні функції ґрунтового покриву.
48. Найважливіші властивості ґрунту.
49. Абіотична складова ґрунту.
50. Тверда фаза ґрунту.
51. Рідка фаза ґрунту.
52. Повітряна фаза ґрунту.
53. Термічні властивості ґрунту.
54. Біотична складова ґрунту.
55. Жива речовина ґрунту.
56. Функції живої речовини в ґрунті.
57. Видова структура ґрунтової біоти.
58. За участю в ґрунтовому метаболізмі розрізняють такі бактерії…
59. Гриби ґрунту.
60. Мікотрофні рослини.
61. Загальне поняття про ґрунтову фауну.
62. Описати мікрофауну ґрунту.
63. Описати макрофауну ґрунту.
64. Описати мегафауну ґрунту.
65. Ґрунт — середовище кореневого живлення рослин.
66. Описати зональну зміну ґрунтів України та їх відсоток серед орних земель.
67. Що входить до складу гумусу?
68. Явище ґрунтовтоми.
69. Поняття про алелопатію.
70. Охарактеризуйте екологічні групи рослин за субстратом місцезростань і вимогами до елементів мінерального живлення.
71. Опишіть екологічні групи рослин, з різними потребами у елементах живлення.
72. За реакцією на кислотність ґрунту (pH) розрізняють такі групи рослин...
73. Опишіть галофіти.
74. Залежно від фізіологічних особливостей та шляхів адаптації до засолення галофіти поділяють на такі різновиди:
75. Що ви знаєте про біотичні фактори?
76. Дайте визначення основним формам біотичних відносин.
77. Поясніть енергетичні зв’язки між організмами в екосистемах.
78. Охарактеризуйте внутрішньовидові стосунки.
79. Охарактеризуйте типи міжвидових взаємовідносин.
80. Порівняйте внутрішньовидові та міжвидові відносини.
81. Що ви знаєте про конкурентний тип взаємовідносин видів?
82. Що ви знаєте про хижацтво?

83. Опишіть паразитизм.
84. Порівняйте позитивні взаємовідносини.
85. Охарактеризуйте антропогенні фактори
86. Зробіть загальні висновки із вивченого матеріалу.
87. Правило конкурентного виключення.
88. Шляхи терморегуляції.
89. Шляхи регуляції водного обміну у вищих рослин.
90. Що таке пойкілотермні організми?

ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Білявський Г.О. Основи екології: теорія та практикум. Навч. Посібник Г.О. Білявський, Л.І. Бутченко. К., Лібра, 2014. 368с.
2. Волошина Н. О. Загальна екологія та неоекологія : навчальний посібник. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2015. 335 с.
3. Гандзюра В.П. Екологія: Навчальний посібник. Видання 3-е, перероблене і доповнене – К.: ТОВ «Сталь», 2012. – 345 с.
4. Дробик, Н. М. Лабораторний практикум із загальної екології (для студентів біологічних та екологічних спеціальностей педагогічних закладів вищої освіти). / Н. М. Дробик, Л. Р. Грицак, Г. Б. Гуменюк. – вид. 3-тє, доповнене. – Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюк, 2020. – 130 с. http://catalog.library.tnpu.edu.ua:8080/e-lib/DocDescription?doc_id=253626
5. Екологія : лаб. практикум : підручник / В. В. Березуцький, Л. А. Васьковець, В. Ф. Райко ; за ред. проф. В. В. Березуцького. – Харків : НТУ "ХПІ", 2013. – 232 с.
6. Клименко М.О., Ліхо О.А., Турчина К.П., Борщевська І.М., Михальчук М.А., Буднік З.М. Л12 Лабораторний практикум із екології (основ екології). Навч. посібник. – Рівне : НУВГП, 2018. – 250 с.
7. Лук'янова Л.Б. Екологія: лабораторний практикум: Навчально-методичний посібник. – К.; Ніжин: ПП Лисенко М.М., 2009. – 124 с.
8. Мягченко О. П. Основи екології : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 312 с.
9. Тарасова С. М. Лабораторний практикум з дисципліни "Екологія" : методичний посібник. – Миколаїв : МНУ імені В. О. Сухомлинського, 2020. – 76 с. http://hdl.handle.net/123456789/749

Допоміжна

1. Барна, І. М. Методи вимірювання і моніторинг навколишнього середовища: навчально-методичний посібник / І. М. Барна, Н. П. Стецько. – Тернопіль : Вектор, 2020. – 60 с. http://catalog.library.tnpu.edu.ua:8080/e-lib/DocDescription?doc_id=253593
2. Гандзюра В.П. Екологія: Навчальний посібник. Видання 3-е, перероблене і доповнене – К.: ТОВ «Сталь», 2012. – 345 с.
3. Екологія / Ю. П. Бобильов, В. В. Бригадиренко, В. Л. Булахов, В. А. Гайченко та ін.; за ред. О. Є. Пахомова. Харків: Фоліо, 2014. 666 с.
4. Екологічний атлас України. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2009. – 104 с.
5. 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.
6. Лабораторний практикум із загальної екології (та неоекології) : навч. посіб. / М. О. Клименко, А. М. Прищепа, І. М. Борщевська [та ін.]. – Рівне : НУВГП, 2017. – 273 с.
7. Лабораторный практикум по общей экологии: учебно-практическое издание для студентов-бакалавров биологических профилей / автор-сост. В.В. Леонтьев. – Елабуга: Центр оперативной печати «АБАК», 2020. – 46 с.
8. Олійник Я. Б., Шищенко П. Г., Гавриленко О. П. Основи екології. К.: Знання, 2012. 558с.
9. Танащук, Л. І. Основи загальної екології. Лабораторний практикум : навч. посіб. / Л. І. Танащук. − К. : НУХТ, 2005. − 161 с. http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/2457

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА 3
ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ В ЛАБОРАТОРІЇ 5

ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ЖИВІ ОРГАНІЗМИ
Практична робота № 1. Пристосування організмів до середовища існування 6
Практична робота № 2. Вплив умов існування на розвиток рослин 11
Практична робота № 3. Вплив температури і світла на ріст рослин 16
Практична робота № 4. Вивчення орієнтації у мокриць з використанням простої камери 18
Практична робота № 5. Екологічні групи рослин за відношенням до світлового режиму 20
Практична робота № 6. Вивчення екологічних груп рослин за відношенням до вологості ґрунту 22
Практична робота № 7. Екологічні групи рослин за відношенням до родючості ґрунту 26
Практична робота № 8. Екологічні групи рослин за відношенням до вмісту хімічних сполук в ґрунті 28
Практична робота № 9. Життєві форми рослин. Класифікація життєвих форм 31

СТІЙКІСТЬ РОСЛИН ДО НЕСПРИЯТЛИВИХ ЗОВНІШНІХ ВПЛИВІВ
Практична робота № 10. Вплив концентрації розчину солей на проростання насіння 33
Практична робота № 11. Визначення спекостійкості рослин (за Ф. П. Мацковим) 35
Практична робота № 12. Вплив забруднювачів на вилуплення з яєць рачків артемії 37

ФІТОІНДИКАЦІЯ
Практична робота № 13. Визначення стану довкілля за площею листків дерев на вулицях міста 39
Практична робота № 14. Визначення стану навколишнього середовища за ознаками хвої у хвойних 41
Практична робота № 15. Біотестування загальної токсичності ґрунту або криничної води за ростом коренів цибулі (Allium cepa L.) 43
Практична робота № 16. Біотестування токсичності субстратів та води за проростками рослин-індикаторів 45

ДОСЛІДЖЕННЯ ОКРЕМИХ ГРУП ҐРУНТОВИХ ОРГАНІЗМІВ

Практична робота № 17. Ґрунтові водорості. Методи виявлення, кількісного обрахунку, дослідження таксономічного складу ґрунтових водоростей 48

Практична робота № 18. Ґрунтові тварини. Методи дослідження ґрунтових безхребетних і найпростіших 51

Практична робота № 19. Ґрунтові гриби. Методи виявлення й обліку ґрунтових грибів, Визначення кількості й біомаси грибів у ґрунті 55

ПРОГРАМНІ ВИМОГИ 58

Запитання до курсу «Факторна екологія» для самоконтролю знань студентів 59

ЛІТЕРАТУРА 62

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