

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут агроєкології та землеустрою
Кафедра екології, технології захисту навколишнього
середовища та лісового господарства

05-02-475М

Методичні вказівки

до супроводу лекційних занять
з навчальної дисципліни **«Екологія рослин»**
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Технології захисту
навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології
захисту навколишнього середовища»
денної та заочно форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з
якості ННІ агроєкології та
землеустрою
Протокол № 11 від 07.02.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до супроводу лекційних занять з навчальної дисципліни «**Екологія рослин**» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Технології захисту навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» денної та заочно форм навчання. [Електронне видання] / Борщевська І. М. – Рівне : НУВГП, 2024. – 67 с.

Укладач: Борщевська І. М., к.с.г.н., доцент кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Відповідальний за випуск: Клименко М. О., доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри екології.

Керівник групи забезпечення спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» - Статник І. І., к.с.г.н., доцент кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

© І. М. Борщевська, 2024
© НУВГП, 2024

Зміст

	Передмова	4
Тема №1.	Вступ до вивчення дисципліни	5
Тема №2.	Вчення про екологічні фактори середовища. Світло як екологічний фактор росту і розвитку рослин	8
Тема №3.	Тепло та ґрунт як екологічні фактори росту і розвитку рослин	15
Тема №4.	Вода як екологічний фактор росту і розвитку рослин	23
Тема №5.	Адаптація рослин до несприятливих умов навколишнього середовища	30
Тема №6.	Життєві форми рослин як наслідок спряженої еволюції популяцій різних видів у єдиній екосистемі	37
Тема №7.	Екологія рослинних угруповань (синекологія). Основні типи рослинних угруповань	42
Тема №8.	Фітоіндикація	54
Тема №9.	Індикація структури екосистем та екологічних факторів	57
Тема №10.	Фітомоніторинг. Використання рослин у моніторингових дослідженнях	63
	Список літератури	67

ПЕРЕДМОВА

Завдання навчальної дисципліни «Екологія рослин» полягає у формуванні у студентів фундаментальних знань щодо особливостей функціонування та адаптації рослин в умовах природних та штучно створених екосистем.

В конспекті лекцій викладені теоретичні основи та розкриті численні взаємозв'язки між організмами і факторами місцезростання, узагальнені і пояснені в усій своїй складності та мінливості. Основна задача курсу - дати студентам загальне уявлення про зелену рослину як рушійну силу збалансованості й адаптивної саморегуляції кругообігу речовини і енергії у біосфері. Теоретичний курс допомагає визначити головні фактори, які забезпечують динамічну рівновагу (гомеостаз) різноманітних біологічних систем, розробляти принципи управління антропогенно-природними екосистемами. Курс Екології рослин розглядає проведення системних досліджень в даній галузі; вивчає взаємовідносини окремих видів рослинних організмів із довкіллям, характеризує основні екологічні групи рослин по відношенню до дії абіотичних факторів, описує життєві форми, цикли розвитку, біоритми рослинних організмів відповідно до умов існування. Окремі теми присвячені вивченню дії обмежуючих факторів на ріст і розвиток рослин та механізми адаптації рослин до умов існування, еволюції взаємодій в системі «рослина-біосфера». Висвітлені екологічні закони, принципи і правила оптимального функціонування рослин як компонентів природних екосистем.

Завдання курсу полягає у встановленні реакції рослин на вплив екологічних факторів, дослідженні їх дії на анатомо-морфологічні та фізіологічні пристосування рослин до умов зростання.

Таким чином, рослина розглядається як первинний виробник органічної речовини та зв'язаної в ній сонячної енергії.

ТЕМА 1. ВСТУП ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

План

1. Визначення, предмет і завдання екології рослин. Складові курсу екології рослин.
2. Рівні організації живих організмів.
3. Зв'язок екології рослин з іншими фундаментальними дисциплінами. Методи досліджень.

1. Визначення, предмет і завдання екології рослин

Екологія рослин – це наука, що вивчає закономірності зв'язків між рослинами і середовищем їх існування.

Предмет і завдання дисципліни полягає у з'ясуванні численних взаємозв'язків між рослинними організмами та факторами місцезростання, поясненні та узагальненні цих зв'язків в системі складності та змінності.

Об'єктом екологічних досліджень в екології рослин є види, популяції, біоценози (угруповання) та біогеоценози.

Ще до нашої ери про взаємозв'язок рослин і умов їх зростання писали Аристотель (383-321 рр. до н.е.) та Теофраст (371-277 рр. до н.е.). До 18 століття уже накопичилась велика кількість знань про рослини. Ботанічні дослідження в цей період були пов'язані з Карлом Ліннеєм (1707-1778). Він не тільки створив основи систематик організмів, але і провів значні екологічні дослідження.

Дослідник Келлер відзначив, що екологія рослин вивчає особливості форм, будови, хімізму рослин, основні характеристики поєднання оточуючих зовнішніх умов у їхній тісній взаємодії, загальному русі та перетворенні.

Вагомий внесок у розвиток науки в різний період зробили Гумбольдт, Лархер, Вернадський, Тімірязєв, Докучаєв, Холодний, Любименко, Сукачов та ін. дослідники; із українських вчених: Голубець, Кучерявий, Ситник, Шеляг-Сосонко, Андрієнко та інші.

В 1910 році на III Всесвітньому Ботанічному конгресі в Брюсселі екологія рослин офіційно визнана самостійною наукою, яка відділилася від ботаніки.

Курс Екологія рослин складається з трьох частин:

1. Екологія окремих видів рослин — аутоекологія, або факторальна екологія рослин (вивчає морфологічні, фізіологічні особливості організмів у залежності від факторів навколишнього середовища);
2. Екологія рослинних популяцій - демекологія;
3. Основи біогеоценології.

2. Рівні організації живих організмів

Вчені виділяють три рівні організації всього живого на планеті: організмівий, популяційний, екосистемний.

На *організмівому рівні* головною функцією живого є розмноження (відтворення собі подібних), безперервний процес синтезу, розгортання кругообігу, ускладнення біосфери.

Популяційний рівень охоплює популяції вищих та нижчих рослин, тварин та мікроорганізмів. На популяційному рівні основною функцією живого є формування такого населення виду, яке за своєю структурою, особливостями найбільшою мірою відповідає середовищу його існування.

Головною ознакою *екосистемного рівня* є функціональна єдність живих і неживих компонентів. Екосистеми являють собою універсальні утворення, в яких забезпечується безперервний функціональний зв'язок, безперервний рух енергії трансформацію сонячної енергії в трофічних ланцюгах. Головна функція екосистеми – забезпечити постійну передачу сонячної енергії, постійний обмін речовин, взаємозв'язок між собою.

Кожному простому (одноклітинному) або складному (багатоклітинному) організмові притаманна певна структурна організація. Вчені виділяють п'ять рівнів структурної організації живої природи.

Перший (молекулярний) рівень: спостерігається в простих одноклітинних прокаріотичних організмах, які характеризуються лише організацією ланцюгових полімерних макромолекул, білків, нуклеїнових кислот та інших сполук, що входять до складу протоплазми.

Другий рівень (клітинний): високоорганізовані одноклітинні еукаріотичні організми, які характеризуються

складнішою структурою. Це надмолекулярний, або в цілому клітинний, рівень організації.

Третій рівень: так званий **тканинний** рівень структурної і функціональної організації живого. В процесі еволюції виникають багатоклітинні організми. Їм притаманна структурна і функціональна диференціація та спеціалізація клітин; далі утворюються тканини, які здатні виконувати різні біологічні функції. Утворення тканин нерозривно пов'язане з формуванням органів.

Четвертий рівень: організмовий, коли окремі системи (дихальна, кровоносна, нервова) проявляють сумісну діяльність.

До п'ятого рівня відносяться всі надорганізміві рівні організації живої природи: популяційно-видовий, біогеоценотичний та біосферний. В ряді поколінь відбуваються зміни складу популяцій і форм організмів, які входять до їхньої структури, що призводить до видоутворення.

3. Зв'язок екології рослин з іншими фундаментальними дисциплінами. Методи досліджень

Вивчення спецкурсу екології рослин засноване на таких фундаментальних дисциплінах, як ботаніка (у т.ч. фізіологія рослин), фізика, хімія, математика, загальна екологія, економіка тощо. Так, наприклад, фізіологія рослин вивчає фотосинтез і транспортування речовин, ґрунтове живлення, водний обмін, ріст та розвиток рослин.

У екології рослин застосовуються різноманітні **методи** досліджень. Експериментальну екологію (фізіологію) рослин започаткував своїми дослідженнями по вивченню живлення рослин голландський вчений Я. Б. ван Гельмонт. Основні етапи розвитку фізіології рослин пов'язані з відкриттям фотосинтезу, розробкою теорії мінерального живлення рослин німецьким хіміком Ю. Лібіхом і французьким Ж. Бусенго. Вченими уже давно розроблений і застосовується класичний вегетативний дослід, широко використовують методи біофізики, біохімії та методи культури тканин і клітин (методи біотехнологій).

За принципом вивчення таксономічних груп організмів виділяється екологія рослин, екологія тварин, екологія мікроорганізмів та екологія людини.

Сучасна екологія рослин широко застосовує дистанційне вивчення рослинності із супутників. За допомогою автоматизованих систем радіоізотопами проводяться спостереження в інфрачервоних променях, застосовується тепло- і радіолокація.

В сучасний період застосовують математичні методи досліджень, методи моделювання, прогнозування та ін..

ТЕМА 2. ВЧЕННЯ ПРО ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ СЕРЕДОВИЩА. СВІТЛО ЯК ЕКОЛОГІЧНИЙ ФАКТОР РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН

План

1. Поняття екологічного фактора середовища.
2. Закономірності дії екологічних факторів.
3. Освітленість. Сонячна радіація та рослинність.
4. Екологічні групи рослин за вимогами до світла.
5. Пристосування рослинних організмів до світлового режиму.

1. Вчення про екологічні фактори середовища

Екологічні фактори – це елементи середовища, будь-які його умови, на які живий організм відповідає реакціями пристосування.

До екологічних факторів відносяться світло, тепло, волога, повітря, ґрунт, навколишні організми та ін. Рослинні організми певним чином реагують на дію всіх екологічних факторів.

Кожен ботанічний вид рослин в просторі і в часі займає певне місце, так звану свою екологічну нішу.

Екологічна ніша – це місце певного виду рослин у природі, яке визначається не лише розташуванням в біосфері, а і його функцією та положенням відносно екологічних умов існування.

Межі пристосованості виду або угруповання до умов середовища називають *екологічною амплітудою*.

Вид вважається тим краще пристосованим до зміни умов існування, чим ширша його екологічна амплітуда.

Залежно від походження та характеру впливу на рослинний організм розрізняють *абіотичні, біотичні та антропогенні фактори*.

Абіотичні фактори – компоненти і властивості неживої природи, які прямо чи опосередковано впливають на окремі організми та їхні угруповання. Абіотичні фактори в свою чергу поділяються на:

- кліматичні (світло, температура, вологість повітря, сольовий склад води, вітер, газовий склад атмосфери тощо);
- ґрунтові (фізичні та хімічні властивості материнської породи, механічний склад, підземні ґрунтові води, ґрунтові мікроорганізми);
- орографічні (структура рельєфу, висота над рівнем моря).

Біотичні фактори – фактори впливу живих істот одна на одну, різні форми взаємодії між особинами в популяціях і між популяціями в угрупованнях, які виникають в результаті постійної взаємодії живих організмів.

Серед біотичних факторів розрізняють:

- фітогенні – взаємовпливи вищих і нижчих рослин (симбіоз, паразитизм тощо);
- зоогенні – вплив тварин на рослини (поїдання, витоптування, запилення тощо);
- ґрунтові взаємовплив ґрунтових рослин і тварин.

Антропогенні фактори – фактори, походження яких пов'язане з діяльністю людини.

2. Закономірності дії екологічних факторів

Існують певні закономірності впливу екологічних факторів на живі організми, а також реакцій організмів на дію цих факторів.

Так, до складу однієї і тієї самої екосистеми не можуть входити види, що займають однакову екологічну нішу. Тобто,

кожний вид організмів пристосований до певних умов існування. Це так зване правило *екологічної індивідуальності*.

Кожний із факторів, потрібних для розвитку рослин, не може бути замінений іншим. Так, світло не можна замінити теплом, тепло вологою і т.д. В цьому полягає суть *закону незамінності основних факторів життя*.

Існує *закон нерівнозначності факторів середовища*, згідно з яким екологічні фактори поділяються на основні і другорядні.

До *основних* факторів належать світло, тепло, вологість, які однаково потрібні рослинам. *Другорядні* фактори мають допоміжне значення, це вітер, хмарність, туман тощо.

Правило відносної незалежності адаптацій говорить про те, що хороша пристосованість організмів до певного фактора не означає такої самої адаптованості до інших. Наприклад, лишайники, які можуть оселятися на «бідних» на органічну речовину субстратах, дуже чутливі до забруднення повітря.

Фактор середовища сприймається організмом у певних межах. Дія фактора є найефективнішою не за мінімальних чи максимальних його значень, а за певних оптимальних для даного організму умов.

Точками мінімуму та максимуму, які відповідають крайнім пороговим значенням даного фактора, обмежена зона *толерантності*. Лише за таких умов можливе життя організму.

Закон оптимуму говорить: *кожен фактор позитивно впливає на організм лише у певних межах*.

Згідно з цим законом, найвища продуктивність рослин забезпечується тільки за оптимального збігу різних факторів, які впливають на ріст і розвиток рослин (*зона оптимуму*).

Межі дії екологічного фактора, за якими існування організмів стає неможливим, називають *зоною песимуму*.

Для одних організмів дія фактора може бути оптимальною, а для інших – песимальною.

В житті кожної рослини є окремі періоди, коли вона найчутливіша до якогось певного фактора середовища, наприклад температури чи вологості. В цьому полягає суть *закону критичних періодів*.

Екстремальними умовами в екології називають умови середовища, коли будь-який фактор перевищує межі зони оптимуму і проявляє пригнічувальну дію.

Обмежувальним (або лімітуючим) називають фактор, який має тенденцію до гальмування розвитку організмів. «Правило обмежувальних факторів, або закон мінімуму» уперше висловив відомий німецький хімік Лібіх ще у 1940 р. Він виявив, що лише додавання в ґрунт поживного елемента, що перебуває у мінімумі, дає прибавку врожаю і ніяким іншим елементом його замінити не можна.

Тобто, найбільший обмежувальний ефект на організм виявляють ті життєво необхідні фактори середовища, кількість яких близька до мінімального критичного рівня.

Ефект максимуму говорить про те, що надмір кожного з факторів (тепло, світло, волога) може обмежити розвиток організму так само, як і його нестача.

Дослідник В. Шелфорд у 1913 р. сформулював «закон толерантності», згідно якого лімітуючим фактором процвітання організму може бути як мінімум, так і максимум екологічного впливу, діапазон між якими визначає величину витривалості організму до даного фактора.

За певних умов кожен екологічний фактор може бути обмежувальним. Обмежувальні фактори лімітують територію розселення виду. Так, наприклад, проростання багатьох видів рослин на півночі обмежене нестачею тепла, тоді як на півдні – дефіцитом вологи.

Діапазон інтенсивності дії екологічного фактора, в якому можливе існування певного виду називають *екологічною валентністю виду (зона толерантності)*.

Додаванням префікса «еври» (від гр. – широкий) позначають широку екологічну валентність виду до певних факторів. Так, *евритермні види* – це види, здатні витримувати значні коливання температури, *еврибарні* – широкий діапазон тиску, *евригалінні* – різний ступінь засоленості, *евроїкні* – різноманітні місця існування.

Нездатність витримувати значні коливання фактора, тобто вузька екологічна валентність, позначається префіксом «стено»

(від гр. – вузький). Відповідно існують *стенотермі*, *стенобарні*, *стеногалінні* організми.

Стенотопи – рослини з низькою екологічною валентністю, які живуть в однотипних, дуже специфічних умовах. Види, які можуть жити в широкому діапазоні коливань різноманітних екологічних факторів, називають *еврибіонтними*, *стенобіонтні* види - ті, для існування яких необхідні цілком певні умови. Прикладом еврибіонтних організмів є очерет звичайний, який зростає у різноманітних умовах; стенобіонтних – журавлина болотна, росичка круглелиста тощо).

Організми із середовищем підтримують певну рівновагу (гомеостаз) за допомогою саморегуляції.

Гомеостаз – це здатність організмів підтримувати свої властивості на певному, достатньо стабільному рівні.

3. Освітленість. Сонячна радіація та рослинність

Одним із найважливіших абіотичних факторів біосфери є світло. Сонячна радіація – це не що інше, як електромагнітне випромінювання у широкому діапазоні хвиль з довжиною від 295...385 нм (ультрафіолетові промені) до 3...4 тис. нм (інфрачервоні промені), що виділяється в процесі термоядерного синтезу на Сонці. Промені, довжина яких менше 295 нм, дуже згубно діють на живі організми, поглинаються шаром озону і до землі не доходять. Видиме світло знаходиться в межах від 380 до 760 нм. Земної поверхні досягає променева енергія, яка в ясний день складається приблизно на 10% із ультрафіолетового випромінювання, на 44% – із видимого світла та 46% - із інфрачервоного. Проходячи крізь атмосферу, сонячна радіація, зазнає значних змін.

В спектрі сонячних променів виділяють область фотосинтетично активної радіації (ФАР), яка використовується рослинами в процесі фотосинтезу. Крім теплової дії сонячна радіація створює світловий ефект, або освітленість.

Освітленість – це світловий потік, що припадає на одиницю площі.

На умови освітленості значний вплив здійснюють властивості субстрату, на якому ростуть рослини. Його здатність відбивати світло характеризується величиною альbedo.

Альbedo - це відношення відбитої радіації до спадної. Наприклад, у луговому травостої його величина досягає 30%, у хвойних лісах – до 18, у чорноземі – 15, у хлібних злаках – від 10 до 26%.

Сонячна радіація забезпечує розвиток фізичних, фізіолого-біохімічних та інших процесів, що відбуваються у рослинах. Рослини активно реагують на співвідношення між тривалістю світлового періоду впродовж доби.

Фотоперіодизм – це властивість організмів сприймати співвідношення тривалості дня та ночі.

За типом фотоперіодичної реакції виділяють три групи рослин: *рослини довгого дня, короткого та нейтральні.*

У рослин довгого дня цвітіння настає тоді, коли тривалість дня не менше 12 годин на добу (картопля, льон, овес, пшениця). У рослин короткого дня цвітіння відбувається за тривалості світлового періоду доби 12 годин і менше (коноплі, тютюн, хризантема). Нейтральні рослини квітують у широкому інтервалі світлового періоду (бузок, кульбаба, гречка, виноград).

4. Екологічні групи рослин за вимогами до світла

За вимогою до освітленості рослини поділяються на три основні екологічні групи:

- світлолюбні (*геліофіти*);
- тіньовитривалі (*факультативні геліофіти*);
- тіньові (*умброфіти*).

До світлолюбних (*геліофітів*) видів належать рослини відкритих, добре освітлених місцезростань. Зазвичай, вони мають вище стебло порівняно з видами, що мешкають в затінку, розсічені листові пластинки, в листках досить багато продихів, розгалужена коренева система. У світлолюбних видів максимальна інтенсивність фотосинтезу. Типовими представниками є степові та лучні злаки, рослини тундри, високогір'я, ранньовесняні ефемери та ефемероїди.

Тіньовитривалі рослини характеризуються широкою екологічною амплітудою відносно світла. До цієї групи належить більшість видів деревних порід, кущів – ялина, граб, ліщина, бузина тощо. Тіньовитривалі рослини можуть рости при повному денному світлі, на відкритих, добре освітлених місцях, але краще розвиваються при деякому затінненні, наприклад у лісах (дуб, липа, бузок).

У тіньових рослин (*умброфітів*) листки темно-зеленого кольору з високим вмістом хлорофілу, вони не витримують повного освітлення. В умовах високої сонячної інсоляції тіньові рослини не можуть регулювати інтенсивність транспірації й на відкритій місцевості звичайно засихають. До цієї екологічної групи належать рослини нижніх ярусів лісу (плаун булавовидний, барвінок малий, квасениця звичайна в дібровах - широколистя).

Серед світлолюбних весняних рослин виділяють ефемероїди. *Ефемероїди* – це багаторічні трав'янисті рослини з коротким періодом вегетації (всього декілька тижнів) і тривалим періодом спокою, під час якого вони зберігаються у вигляді бульб, кореневищ і цибулин (пшінка весняна, печіночниця звичайна, анемона жовтецева, проліска дволиста, зірочки жовті, ряст порожнистий). Ці рослини проростають в листяних і мішаних лісах та відразу ж після танення розпочинають цвісти. Свій вегетаційний період вони завершують до масової появи листя на деревах.

5. Пристосування рослинних організмів до світлового режиму

Для рослин характерні пристосування, котрі забезпечують якомога більше поглинання променистої енергії шляхом збільшення площі листової поверхні та спрямування листків до світла.

Індекс листової поверхні – це відношення площі поверхні всіх листків фітоценозу до одиниці площі поверхні ґрунту під ним.

Індекс листової поверхні залежно від умов навколишнього середовища змінюється. Оптимальною для

певного ценозу є листкова поверхня, яка забезпечує найповніше поглинання фотосинтетично активної радіації. У світлолюбних рослин листки, як правило, меншого розміру, ніж у тіньовитривалих.

Листкова пластинка, зазвичай, орієнтована перпендикулярно до падаючого променя. Якщо якийсь листок загіняє сусідній, то останній поступово змінює своє положення так, щоб його освітлення було оптимальним.

У геліофітів (більшість представників рослин степу, акація, евкаліпт) у полудневі години листки зорієнтовані майже вертикально або під значним кутом до горизонту, щоб зменшити потік радіації. Є група так званих «компасних» рослин (пижмо звичайне, деревій звичайний), у яких листки розташовуються в одній площині з орієнтацією північ-південь. Завдяки цьому в полудень надходження сонячної радіації до них мінімальне. Листкові пластинки більшості геліофітів укріті кутикулою, восковим нальотом, мають опушення, що дає змогу частково відбивати чи розсіювати прямі сонячні промені.

У тіньовитривалих рослин листки у просторі орієнтуються так, щоб одержати якомога більше сонячної радіації. В затінку, в лісі, листкові пластинки рослин розташовуються майже горизонтально до падаючої розсіяної радіації. У тіньових рослин на пластинках листка майже відсутня кутикула, воскові покриття епідермісу, немає опушення. Сама пластинка листків тонка зі значною питомою поверхнею. Тіньовитривалі листяні породи (бук, кінський каштан) мають щільну крону, тоді як світлолюбні породи (ясен, береза) – ажурну, досить прозору.

ТЕМА 3. ТЕПЛО ТА ГРУНТ ЯК ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН

План

1. Трансформація тепла в просторі. Тепловий режим рослин.
2. Екологічні групи рослин відносно температури.
3. Абіотичні та біотичні складові ґрунту.

4. Екологічні групи рослин по відношенню до місцезростань та їх вимоги щодо елементів мінерального живлення.

5. Класифікація груп рослин за реакцією на кислотність та засоленість ґрунту.

1. Трансформація тепла в просторі. Тепловий режим рослин

Тепло є одним із основних факторів існування рослин. Джерелом тепла на Землі є промениста енергія Сонця, яка у формі сонячної радіації поглинається рослинним покривом, ґрунтом і поверхнею води. Процес трансформації сонячної енергії досить складний і залежить від багатьох взаємопов'язаних факторів. В різних зонах в умовах різного рельєфу складається свій річний, місячний і добовий радіаційний баланс, який і визначає розподіл температур у ґрунті та приземних шарах атмосфери. Частина цього тепла витрачається на нагрівання ґрунту, приземного шару повітря, рослин, випаровування води з ґрунту та рослинами.

Якщо прихід тепла переважає його витрати, радіаційний баланс вважається *позитивним* і навпаки, якщо витрати тепла переважають його надходження - *негативним*. На земній кулі, крім Антарктиди, річні суми радіаційного балансу позитивні. Місячні показники радіаційного балансу в помірних і високих широтах негативні тільки в зимовий період.

Річний і місячні радіаційні баланси впливають на температуру ґрунту та повітря, чим зумовлюють розподіл рослинності за зонами і значно впливають на життєдіяльність окремих рослин та їхніх угруповань.

Добовий хід величин радіаційного балансу також значно впливає на життя рослин. Так, максимальні позитивні величини добового балансу спостерігаються в полудень, мінімальні – в нічний час.

На термічний режим ґрунту, крім сонячної радіації, найбільше впливають рельєф (через експозицію схилів, форму та висоту місцевості над рівнем моря), тип і склад ґрунту, сніговий та рослинний покриви. Більше тепла дістається південним схилам, далі східні та західні і найменше – північні.

У понижених формах рельєфу завжди нагромаджується холодне повітря. Навіть улітку тут спостерігаються понижені температури. Найхолодніші з ґрунтів болотні, оскільки моховий покрив майже не пропускає тепло. Взимку сніг захищає ґрунт і рослини від сильного охолодження, оскільки він є поганим провідником тепла. У добовому ході максимум температури ґрунту припадає на денний час (близько 13 години), мінімум – перед сходом Сонця.

Під трав'яним покривом, при наявності моху і дернини ґрунт промерзає на меншу глибину, ніж оголений. В разі глибокого промерзання ґрунту погіршується перезимівля рослин, утруднюється проникнення в ґрунт талих вод. Затінюючи поверхню ґрунту від сонячної радіації вдень і затримуючи тепло вночі, рослинний покрив суттєво впливає на температуру ґрунту.

Залежно від забезпечення рослин теплом розрізняють: *тропічний, субтропічний, помірний та холодний пояси. Формуються різні природні зони: тундра, тайга, мішаний ліс, лісостеп, степ, пустеля.*

У **тропічному** поясі температура не опускається нижче 0°C (за винятком високогірних областей). Середня температура найхолоднішого місяця становить 18...20°C. Вегетаційний період у рослин цілорічний (крім посушливих областей).

У **субтропічному** поясі мінімальні температури рідко опускаються нижче 0°C. Взимку можливі короткочасні морози. Відсутній стійкий сніговий покрив.

Для **помірного** поясу характерний літній вегетаційний період і довготривалий зимовий період вимушеного спокою рослин із стійким сніговим покривом. Весною та восени часто спостерігаються заморозки.

У **холодному** поясі вегетаційний період досить короткий і триває 1,5-2 місяці, протягом всього вегетаційного періоду можливі заморозки.

Температура тіла рослинних організмів визначає швидкість реакцій обміну речовин і залежить від температури навколишнього середовища. При низьких температурах внутрішні процеси гальмуються, а при надто високих може

відбутися порушення структури і денатурація (руйнування, необоротна зміна) білків, у тому числі й ферментів.

Розрізняють: *оптимальний, мінімальний та максимальний тепловий режим*.

Оптимальним тепловим режимом вважається той, за якого впродовж усього життя, особливо в період інтенсивного росту та розвитку, кількість і тривалість періоду тепла найкращим чином забезпечують хід усіх фізіологічних процесів у даній рослині за даних умов.

Мінімальний тепловий режим – це той мінімальний термін тривалості й кількості тепла, за межами якого життя рослин у даних умовах стає неможливим через його дефіцит.

Максимальний тепловий режим - верхня межа кількості та тривалості тепла, за якою рослина гине від високої температури.

У першому випадку низькі температури (холод), а в другому – високі (жара) спричинюють порушення життєвих процесів.

Діапазон оптимальних значень температури для більшості організмів становить 12...30⁰С. Проте в стані анабіозу живі істоти здатні витримувати значно ширший діапазон температур (від -200⁰С до +100⁰С). Так, спори деяких бактерій нетривалий період витримують температуру до 185⁰С, а цисти найпростіших, яйця круглих червів і коловерток, насіння, спори більшості прокариот, пилок рослин після зневоднення не втрачають життєздатності за температури, близької до абсолютного нуля (-271,16⁰С).

Анабіоз (від грецьк. анабіозі – повернення до життя) – це стан організму, за якого відсутні помітні прояви життєдіяльності внаслідок гальмування процесів обміну речовин.

Анабіоз супроводжується значними втратами води (до 76%). Організми виходять зі стану анабіозу і життєві процеси поновлюються, коли настають сприятливі умови. Температури, за яких настає незворотний процес відмирання, є летальними.

Поряд з іншими кліматичними факторами температура визначає як широтну зональність, так і вертикальну поясність розселення різних видів рослин.

За відношенням до тепла виділяють два типи організмів – *теплолюбні* та *холодостійкі*.

Теплолюбні існують у зонах тропічного і субтропічного клімату, а в помірних поясах – у місцях існування, що добре забезпечені теплом.

Холодостійкі види існують при низьких позитивних температурах.

Термофільні види (від гр. терм – тепло, філ – любитель) - такі, оптимум життєдіяльності яких приурочений до області високих температур. Це мешканці теплих кліматичних зон, наприклад тропіків. Термофільність характерна для багатьох мікроорганізмів. Так, представник ціанобактерій осциляторія трапляється в гарячих джерелах із температурою води від 85 до 94⁰С, витримують високі температури накипні лишайники, рослини пустель.

Чимало організмів витримують великі значення мінусових температур. Так, полярні води, температура яких становить від 0 до -2⁰С, населені різноманітними представниками рослинного світу. Рослини тайги (сосна сибірська), витримують зниження температур до -52⁰С.

Пойкілотермні (від гр. пойкилос – змінний і термний) – змінні щодо тепла; це організми, життєдіяльність яких і температура тіла залежать від тепла, яке надходить із навколишнього середовища.

Пойкілотермія (холоднокровність) властива всім мікроорганізмам, рослинам, безхребетним і значній частині хордових. Температура їхнього тіла залежить від середовища.

Розрізняють *евритермні* види - переносять коливання температур в значних межах (багато рослин, лишайники).

Стенотермні організми існують у вузьких межах коливань температур й поділяються на *теплолюбні* (орхідеї, кавові дерева) та *холодолюбні* (представники рослинності тундри).

2. Екологічні групи рослин відносно температури

За відношенням до температури розрізняють наступні екологічні групи рослин: **термофільні** (теплолюбні), **криофільні**

(від гр. кріо – холод, холодолюбні) та *мезотермні* (від гр. мезо – середній).

Теплолюбні рослини приурочені до місцезростань із високими температурами, *холодолюбні* – до холодних місць існування, *мезотермні* – ростуть за середніх значень температури.

Літньозелені рослини – це дерева, кущі та трав'янисті рослини, які на час несприятливого зимового періоду року скидають листя (дуб, клен, липа, ліщина, яблуня, груша, полуниця, конвалія та ін.). Серед багаторічних трав'янистих рослин степів і лісів літньозелені рослини складають 40...65% флори. Пристосуванням до максимального зменшення випаровування води впродовж зими цими рослинами є листопад.

У зимуючих органів зменшується вміст води, підвищується вміст цукрів та інших речовин з кріопротекторними властивостями. Рослини помірних широт пристосувалися до чергування теплих і холодних періодів року.

До *вічнозелених* належать хвойні рослини (крім модрина), а також значна кількість широколистих – барвінок, брусниця, пальми та інші. У них листя змінюється поступово, і тому рослина весь час вкрита листям. Так, вік окремого листка у лимонів – три роки, у сосни – від трьох до п'яти, у тиса – від шести до десяти років.

3. Абіотичні та біотичні складові ґрунту

Основним місцезростанням рослин на земній поверхні є ґрунт.

Ґрунт – це окреме природне утворення, що сформувалось у результаті складного процесу взаємодії таких факторів ґрунтоутворення, як клімат, рельєф, рослинний і тваринний світ тощо.

Ґрунт являє собою опорний субстрат для більшості наземних і водних рослин, крім того з ґрунту рослини одержують необхідні для життя мінеральні речовини та воду.

Ґрунт - фізична система, що складається з твердої, рідкої та повітряної фаз, та є активним середовищем живлення рослин.

Ґрунт складається з органічних, мінеральних і органо-мінеральних компонентів, із яких під дією абіотичних і біологічних процесів продукуються доступні для рослин поживні речовини.

У ґрунті концентруються необхідні для всіх організмів елементи: вуглець, азот, кисень у доступних для них формах хімічних сполук. Ґрунт володіє як родючістю, так і обмежувальними факторами, які впливають на життєдіяльність відповідних організмів та регулюють кількість і продуктивності організмів на земній поверхні.

Важливою біосферною функцією ґрунтового покриву є нагромадження на земній поверхні специфічно активної речовини – гумусу. *Гумус* – органічна речовина ґрунту, що утворилась за рахунок розкладу рослинних і тваринних залишків, продуктів життєдіяльності, головною функцією якого є підвищення родючості ґрунту.

Під час кореневого живлення рослини поглинають із ґрунту макро- і мікроелементи. *Макроелементи*: вуглець, кисень, водень, азот, сірка, фосфор, калій, кальцій, магній; *мікроелементи*: залізо, марганець, цинк, мідь, молібден, хлор, натрій.

Важливою ланкою кореневого живлення є кругообіг речовин у рослині, який тісно пов'язаний із поглинальною та видільною функцією кореня. Такі виділення у вигляді хімічних сполук по-різному впливають на інші рослини та мікрофлору. Хімічна взаємодія рослин у екосистемах і фітоценозах називається *алелопатією*.

Іншими словами, *алелопатія* – це взаємний хімічний вплив сумісно існуючих організмів шляхом виділення у навколишнє середовище, зокрема в ґрунт, продуктів життєдіяльності (фітонциди, коліни, ефірні олії).

4. Екологічні групи рослин за відношенням до місцезростань та їх вимоги щодо елементів мінерального живлення

За відношенням до екологічних умов місцезростань і потреб в елементах мінерального живлення розрізняють рослини евтрофні, мезотрофні та оліготрофні.

Евтрофні – це рослини, дуже вимогливі до поживних речовин, проростають на ґрунтах, багатих на мінеральні солі. Типові евтрофні рослини трапляються в дібровах: страусове перо, малина, гадючник звичайний, кропива дводомна.

Мезотрофні – середньовимогливі до поживних речовин, ростуть на середніх за родючістю ґрунтах (зелені мохи, вероніка дібровна, квасениця звичайна, грушанки).

Оліготрофні - маловимогливі до поживних речовин, що можуть зростати навіть на дуже бідних ґрунтах (сфагнові мохи та лишайники, журавлина, багно; в сухих соснових лісах: верес, нечуйвітер).

Рослини, що пристосувались до життя на пісках, представляють екологічну групу **псамофіти**. При засипанні піском у цих рослин розвинулись кореневища з довгими міжвузлями, стебло часто безлисте, оголене, фотосинтез відбувається у зелених гілочках циліндричної форми. Насіння псамофітів зберігає свою життєздатність при високих температурах тривалий час навіть у присипаному стані. Серед псамофітів багато ефемерів та ефемероїдів. Представниками є цмин піщаний, перстач піщаний, саксаул, джужгун та ін.

Літофіти - це рослини, які проростають на камінні, в тріщинах та розколинах голих скель, скельних виступах та ін. (лишайники, мохи).

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

Рослини, особливо вимогливі до підвищеного вмісту азоту в ґрунті, називають **нітрофілами** (хміль виткий, малина, кропива дводомна). Вони, переважно, проростають там, де є додаткові джерела азотного живлення, тобто, органічних відходів. Тому серед них багато *рудеральних видів* – супутників житла людини: наприклад, чистотіл, щиріця. Вони проростають на звалищах сміття і побутових відходів (бур'яни).

Рослини карбонатних ґрунтів, що містять більш як 3% карбонатів, називають **кальцефілами**. До них належать біла акація, бавовник, виноград, а також всі рослини, що ростуть на відкладах крейди. Рослини, що уникають ґрунтів зі значним вмістом вапна, називають **кальцефобами** – береза бородавчата,

сфагнові мохи, росичка, журавлина. Є також рослини *індиферентні*, тобто байдужі до вмісту кальцію (роман напівфарбувальний).

5. Класифікація груп рослин за реакцією на кислотність та засоленість ґрунту

За реакцією на кислотність ґрунту розрізняють наступні групи рослин: *ацидофіли*, *базифіли* та *індиферентні*.

Ацидофіли трапляються і краще ростуть та розвиваються на кислих ґрунтах (щавель кислий, журавлина, сфагнум, хвощі).

Базофіли надають перевагу нейтральним, слабколужним ґрунтам (мати-й-мачуха, соняшник, огірки, люцерна).

Індиферентні нормально себе почувають за будь-якої кислотності ґрунту (костриця овеча).

Вміст у ґрунті деяких легкорозчинних солей також впливає на ріст і розвиток рослин. За відношенням до цього фактора рослини поділяють на *галофіти* та *глікофіти*.

Галофіти – рослини, що пристосувалися до високого вмісту солей. Вони проростають, як правило, в аридних зонах, на узбережжях морів та океанів (кермек, солянка, солерос та ін.). Через нестачу вологи тканини цих рослин набули ознак ксероморфності. Деякі з галофітів мають навіть ознаки сукулентності, тобто мають товсті великі (солонець європейський) або дрібні (тамарикс) соковиті листки. Певні фізіологічні процеси, спрямовані на підвищення осмотичного потенціалу клітин, забезпечують успішніше вбирання води в умовах засолених ґрунтів. Цим пояснюється солевитривалість галофітів.

Глікофіти – це група рослин, що зростають лише на незасолених ґрунтах, оскільки навіть незначний надлишок солей в ґрунтового розчині є для них токсичним і згубним.

ТЕМА 4. ВОДА ЯК ЕКОЛОГІЧНИЙ ФАКТОР РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН

План

1. Поняття загального балансу вологості. Фактори, які

- впливають на розподіл опадів.
2. Вплив різних форм води на рослини та рослинний покрив. Дефіцит вологи.
 3. Випаровування вологи рослинними організмами. Транспіраційний коефіцієнт. Посухостійкість.
 4. Екологічні групи рослин за вимогами до вологи.

1. Поняття загального балансу вологості. Фактори, які впливають на розподіл опадів

На земній поверхні головним резервуаром води є океан, що містить понад 96 % усього запасу води. Лід та сніг полярних шапок льодовиків займає близько 3% водних запасів. Вода континентів – це в основному ґрунтова вода, яка становить близько 0,5%, і тільки 1% її є досяжним для коренів рослин. Над сушею і Світовим океаном вода циркулює у вигляді хмар, туману та водяної пари і становить не більше 0,001% від запасів усієї води на Землі.

Загальний запас води на земній поверхні становить близько 1500 млн.км³.

Загальний баланс вологості будь-якого місця на Землі можна подати у вигляді прибутку та втрат:

- *прибуток вологості* складається із: опадів + снігових наметів + припливу вологи з поверхні ґрунту + припливу вологи від ґрунтових вод;

витрати вологи складаються зі: змочування наземних предметів + знесення та здування снігу + стоку по поверхні ґрунту + випаровування з ґрунту + всмоктування вологи корінням рослин + витрат на внутрішній стік.

Отже, формулу балансу вологості можна подати так:

$$\text{Опади} = \text{стік} + \text{випаровування} \pm \text{П, де}$$

П – кількість води, що утримується ґрунтом у більш вологі роки і витрачається у більш посушливі.

У різних точках земної кулі співвідношення опадів і випаровування нерівномірне. **Аридними** називають ті області, які характеризуються незначною кількістю опадів, унаслідок чого рослини переживають нестачу вологи, **гумідні** – це області,

де рослини достатньо забезпечені вологою. В них опади перевищують над випаровуванням.

На розподіл опадів впливають такі фактори, як рельєф місцевості, характер підстилаючої поверхні, циркуляція повітря, експозиція схилів тощо.

На сьогодні, унаслідок антропогенного забруднення вод планети, масового вирубування лісів у багатьох регіонах світу відчувається гостра нестача прісної води. Забруднення вод загрожує росту і розвитку рослин, може призвести до зникнення рослинності взагалі. Оскільки основним джерелом води для наземних рослин є атмосферні опади, то у багатоводних регіонах рослинний покрив густий і високий. І відповідно, у посушливих регіонах рослинний покрив зріджений, кількість усїєї біомаси сильно знижується.

2. Вплив різних форм води на рослини та рослинний покрив.

Дефіцит вологи

Рослини поглинають лише крапельно-рідку воду. Вода у формі льодяної кірки й ожеледь спричиняють випрівання озимини, град пошкоджує наземну частину рослин, заморожування може призвести до загибелі рослин.

Сніг, що тане ранньою весною, забезпечує рослини вологою, а взимку він утепляє їх. Проте, сильний снігопад може спричинити пошкодження крон деревних рослин.

Велике значення для рослин має частота опадів, характер дощів та супутні фактори (тепло, вітер тощо).

Багато опадів затримується кронами дерев і кущів, ґрунтопокривними рослинами та лісовою підстилкою. Найбільше вологи затримують ліси, створені вічнозеленими породами.

При стиканні повітряних мас із холоднішою підстилаючою поверхнею у приземному шарі повітря спостерігається конденсація водяної пари з газоподібного у рідинний стан у вигляді туману, роси, інію, паморозі, ожеледі тощо.

Туман – це скупчення продуктів конденсації водяної пари у приземному шарі повітря, який прилягає безпосередньо до поверхні землі.

Роса – це краплинки води, що утворилися на стеблах і листках рослин під час сильного охолодження приземного шару повітря.

Іній – це льодяні кристалики, які утворилися на траві та різних горизонтальних поверхнях за таких самих умов, що й роса, але за від’ємних температур підстилаючої поверхні.

Паморозь – це білі кристалики, що наростають на гілках дерев, утворюється під час сильних морозів і, як правило, за наявності туману.

Ожеледь – це льодяний наліт на земній поверхні, що утворюється внаслідок випадання переохолоджених краплин води у вигляді мряки або слабкого дощу, часто завдає шкоди деревним насадженням.

Велике екологічне значення має відносна вологість повітря (ВВП), або *дефіцит вологи повітря*. Даний показник обчислюється у % за відношенням пружності водяної пари, що знаходиться у повітрі, до пружності насиченої пари при тій самій температурі. Чим вище відносна вологість повітря, тим менший її дефіцит.

Надходження, пересування та витрати води організмом формують *водний баланс рослин*. Водний баланс у рослин може бути у стані, коли:

- надходження води перевищує її витрати;
- надходження води дорівнює витратам;
- витрати води більші, ніж її надходження.

У випадку, коли протягом вегетації витрати води переважають її надходження, в тканинах рослин виникає *водний дефіцит*. В цьому випадку рослина потребує штучного зрошення.

3. Випаровування вологи рослинними організмами.

Транспіраційний коефіцієнт. Посухостійкість

Процес випаровування води рослиною називається *транспірацією*.

За даними дослідників на утворення 1 г сухої речовини рослина витрачає від 200 до 1000 мл води. Транспірація здійснюється через продихи.

Продих – це мікроскопічний щілиноподібний отвір в епідермісі рослин разом із двома замикаючими клітинами, що його оточують.

За допомогою продихів рослина регулює свій водний і газовий обмін. У більшості рослин продихи розташовані на нижньому боці листка.

Кількість води в мілілітрах, що витрачається на синтез 1 г сухої речовини, називається *транспіраційним коефіцієнтом*.

Транспіраційний коефіцієнт для різних видів рослин становить 120...1000.

Чим сухіший клімат, тим більше потрібно рослині води для створення органічної речовини, підтримання тургору, тим більше води вона випаровує.

Витрати води, яка поглинається рослиною з ґрунту або **інтенсивність транспірації**, залежить від типу рослин та зовнішніх факторів (температури, освітленості, вологості повітря, сили вітру тощо). Вона визначається кількістю води, яка випаровується за 1 годину з 1 дм² поверхні листка або з 1 г сирої маси листка.

Поглинання та пересування води вгору по рослині здійснюється в результаті дії кореневого тиску.

Кореневий тиск – це сила, яка спричинює в рослині висхідний потік води з розчиненими речовинами незалежно від транспірації.

Явище виділення краплин води крізь пори на краях листків називається **гутацією**. Гутація відбувається уранці, коли кореневий тиск зростає.

Існують різні форми ґрунтової вологи, що відрізняються за ступенем доступності її рослині: *гравітаційна*, *капілярна*, *плівкова*, *гігроскопічна вода*. Ґрунтова посуха настає внаслідок сильного зменшення доступної для рослин **гравітаційної вологи**, тобто рухомої води, яка заповнює проміжки між частинками ґрунту. Коли в ґрунті залишається так званий

мертвий запас вологи, тобто тільки недоступна для коренів *гігроскопічна волога*, рослина в'яне.

Кількість вологи, за якої починається необоротне в'янення рослини, називається *коефіцієнтом в'янення*. В цьому випадку відбуваються незворотні ознаки в'янення рослин, тургор не відновлюється, припиняється формування біомаси.

Посухостійкістю називається здатність тканин і цитоплазми рослини витримувати значне обезводнення та розвивати високу всмоктуючу силу. В цьому випадку рослини використовують запаси води з глибоких горизонтів.

У рослин під час посухи виникають різні пристосування, які запобігають висиханню. За пристосуванням до коливань умов водозабезпечення та випаровування наземні рослини поділяються на *пойкілогідричні* (з незначним вмістом води у тканинах, або такі, що перемінно звожуються) та *гомеогідричні* (здатні підтримувати відносну постійність гідрататії тканин, тобто постійно звожуються).

Механізмом захисту від посухи є запасання і збереження води при замиканні продихів.

4. Екологічні групи рослин за вимогами до вологи

За пристосуванням до умов водозабезпечення рослини поділяють на *гігрофіти* (наземні) та *гідратофіти* (водяні).

Гігрофіти – це суходільні рослини, що ростуть в умовах великого зволоження (рослини боліт, берегів річок, озер, вологих лісів, лук). Вони не витримують водного дефіциту. У гігрофітів добре розвинена система міжклітинників у листках, стеблах і коренях, що зумовлене перенасиченням ґрунту водою. До гігрофітів належать трав'янисті рослини та епіфіти вологих лісів: у вологих тропіках – папороті (тіньові гігрофіти), рис (світлові гігрофіти); в помірних широтах - чистотіл великий, розрив-трава звичайна, квасениця звичайна (тіньові гігрофіти), калужниця, болотні осоки (світлові гігрофіти).

Вищі водяні рослини поділяють на *гідатофіти* і *гідрофіти*.

Гідатофіти – рослини, які повністю або частково ростуть у воді, поза водним середовищем існувати нездатні (елодея, ряска, латаття).

Вони можуть прикріплюватися до ґрунту коренями (латаття) або вільно плавати (ряска, елодея). Їх листові пластинки тонкі, часто розсічені, з добре розвинуеною особливою повітронсною тканиною - аеренхімою.

Гідрофіти – це рослини, що прикріплені до ґрунту й занурені у воду лише своєю нижньою частиною (очерет, рогіз), інші – цілком (водний жовтець, рдесники, різуха тощо).

Водні рослини у процесі своєї еволюції виробили ряд пристосувань, які дозволяють їм жити у водному середовищі: хлоропласти в листках знаходяться не лише в мезофілі, а й в епідермісі; повітряних порожнин і міжклітинників у гідрофітів більше, ніж у гідрофітів, оскільки у воді міститься значно менше кисню; спостерігається різнолисткість (гетерофілія); переважає вегетативне розмноження; водні рослини вкриті слизом, який запобігає вимиванню з клітин солей.

Наземні рослини за вимогами до вологи поділяють на гідрофіти, ксерофіти та мезофіти.

Ксерофіти (від гр. ксерос – сухий) – рослини, що живуть у посушливих місцевостях, можуть переносити тривалу атмосферну і ґрунтову посуху. Це рослини пустель та посушливих степів. У них специфічні пристосування: дрібнолисткість, зменшення кількості продихів, опушення, восковий наліт, які перешкоджають випаровуванню води і запобігають перегріву (кактусові, ковила, типчак). Мають розгалужені корені, що проникають глибоко в ґрунт (верблюжа колючка, саксаул чорний).

За характером пристосувань ксерофітів до сухих місцезростань їх поділяють на дві групи: *суккуленти* (кактусові, молочайні, алое - соковиті м'ясисті рослини з дуже розвинуеною паренхімою, в клітинах якої міститься багато води) й *склерофіти* - рослини з жорсткими листками, що мають товсту кутикулу і дуже розвинені механічні тканини (ковила, типчак, миколайчики).

Мезофіти (від гр. мезо – середній, проміжний) - це рослини, що ростуть на середньозволожених ґрунтах. Вони вимогливіші до вологи, ніж ксерофіти, і менш вимогливі, ніж гігрофіти. Рослини дуже поширені на земній кулі, серед них багато сільськогосподарських культур (хлібні злакові рослини, овочеві, технічні, олійні, кормові, плодові та ін. культури).

ТЕМА 5. АДАПТАЦІЯ РОСЛИН ДО НЕСПРИЯТЛИВИХ УМОВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

План

1. Типи адаптацій. Адаптація та стійкість.
2. Посухо- та жаростійкість.
3. Холодо- та морозостійкість.
4. Солестійкість. Стійкість до забруднення важкими металами. Газостійкість.
5. Радіаційний стрес. Стійкість до хвороб.

1. Типи адаптацій. Адаптація та стійкість

Адаптація рослин – процес пристосування рослинних організмів до різних умов існування довкілля, які забезпечують множину їхніх життєвих форм.

Розрізняють декілька типів адаптацій:

- генетична адаптація;
- аклімація;
- акліматизація;
- морфологічна адаптація;
- фізіологічно-біохімічна адаптація;
- швидка адаптація.

Генетична – адаптація відбувається протягом багатьох поколінь, упродовж яких використовуючи всі можливі стратегії пристосувань, в т.ч. мутації.

Аклімація – пристосування організму до штучно створених умов, які контролюються.

Акліматизація - пристосування рослинних організмів до нових умов існування, в які вони потрапляють природними шляхами, або переносяться людиною випадково чи навмисно.

Існує кілька ступенів акліматизації:

1) здатність деяких однорічних тропічних рослин розвиватися і плодоносити в культурі (червоний перець, баклажани);

2) здатність переселених рослин за уважного догляду жити постійно в нових природних умовах (катальпа, магнолії);

3) здатність рослин за нових умов розвиватись і розмножуватися не гірше, ніж місцеві форми (чорнобривець амурський, клен червоний);

4) здатність акліматизованого виду у новому місці проживання швидше розмножуватись, навіть витіснити місцеві форми (елодея).

Морфологічна адаптація - це пристосування, що виникають на рівні клітини, тканини, цілого організму та забезпечують існування у мінливих умовах довкілля (зміна форми і розмірів клітин, структури тканин).

Фізіологічно - біохімічна адаптація – зміна хімічного складу, інтенсивності фізіологічних процесів.

Швидка адаптація - пристосування, що не пов'язане зі змінами генів або значною перебудовою клітинних структур (змінюються лише рівень активності ферментів, характер їхньої дії, спостерігається зміна біоенергетики, значення показника рН тощо).

Проблема адаптації та стійкості є однією з центральних у екології рослин у зв'язку із загостренням екологічної ситуації у світі в результаті антропогенного впливу на екосистеми.

Стійкість - реакція організму на дію несприятливих факторів, здатність витримувати стресові навантаження при ефективному функціонуванні біологічного об'єкту.

Стійкість в організмі забезпечують з одного боку, метаболізм - як сукупність обміну речовин, функція якого полягає в забезпеченні біосистеми енергією і необхідними речовинами, з іншого - генетичні та фізіологічні механізми регуляції життєдіяльності.

Під *стабільністю* системи в екології рослин розуміють сукупність різноманітних стійкостей у часі.

В процесі адаптації рослина переживає стрес.

Стрес – це неспецифічні реакції організму, що є складовою його адаптації до несприятливих умов.

Спостерігають дві фази фітостресу.

Фаза адаптації: проходить при умовах, коли вплив стресового фактора не досягає порогових значень.

Фаза відновлення: виникає після припинення дії негативних факторів.

2. Посуха - та жаростійкість

Посухостійкість – це терпимість (витривалість) до сильного обезводнення рослинного організму.

За характером адаптацій до водного стресу рослини поділяють на три категорії:

- *посухостійкі* - рослини, які використовують запаси води з глибоких горизонтів ґрунту (або з самих рослин-ксерофітів);

- *посухостійкі, які не втрачають життєдіяльність* за значних втрат води;

- *ефемери* – рослини, які вегетують лише короткий період (посуху витримують в стані спокою, уникаючи негативного впливу водного дефіциту).

За витривалістю до посухи рослини поділяються на дві великі категорії:

- *пойкілогідрові* – рослини, не здатні регулювати свій водний режим (наземні водорості, гриби, лишайники, деякі мохи; папоротники тропічних лісів, деякі квіткові рослини);

- *гомеогідрові* – рослини, здатні до певної міри регулювати втрату води (більшість вищих судинних рослин).

У пойкилогідрових рослин немає жодних особливостей анатомічної будови, які б сприяли захисту від випаровування. У більшості із них відсутні продири, а транспірація дорівнює простому випаровуванню. Вміст води в клітинах знаходиться у рівновазі з тиском парів у повітрі.

Гомеогідрові рослини здатні у певній мірі регулювати втрату води шляхом закривання продихів і згортання листків. У клітинних оболонках цих рослин відкладаються водонепроникні речовини, а поверхня листків вкрита кутикулою. Завдяки цьому у гомеогідрових рослин вміст води в клітинах підтримується на постійному рівні.

Явище посухи значно посилюється дією на рослинний організм високої температури.

Під **жаростійкістю** розуміють здатність рослинного організму виносити значні підвищення температури.

На територіях зі значною інсоляцією температура рослин може досягати до 45...58°C. Живі синьозелені водорості та бактерії було знайдено навіть при температурі 84...87°C.

Вплив надзвичайно високих температур спричиняє у рослин сильне обезводнення, опіки, руйнування хлорофілу, необоротні порушення фізіологічних процесів, і в кінцевому випадку денатурацію білків та загибель.

Захищають рослини від перегрівання такі морфологічні особливості, як опушення листків, їх вертикальна орієнтація, скручування.

3. Холодо - та морозостійкість

Більшість території земної поверхні впродовж року зазнає впливу низьких температур. Навіть у теплий період року рослини можуть зазнавати короткочасного впливу знижених температур - це нічні та ранкові заморозки.

Заморозки – короткочасні зниження температури приземного шару повітря та поверхні ґрунту до 0 і нижче градусів в теплу пору під час вегетаційного періоду.

Рослини тропічного поясу не здатні витримувати зниження температури навіть до 10-13°C. А от деякі бактерії та синьозелені водорості з гарячих джерел живуть за температури 86...88°C.

Рослини поділяють на *термофільні* – теплолюбні та *фригофільні* - холодостійкі, які ростуть при значно нижчих температурах.

Так, в районі Якутії, де температура знижується до -67°C, нараховують близько 200 видів рослин.

Холодостійкість – це здатність теплолюбних рослин без шкоди для свого розвитку витримувати тривалий вплив низьких температур.

Морозостійкість – здатність рослини витримувати температури нижче 0° С.

При пошкодженні термофільних рослин низькою температурою відбувається порушення клітинних структур, протоплазма відмирає. При цьому насичені жирні кислоти із рідинно-клітинного стану переходять в стан гелю, що призводить до змін в обміні речовин.

Адаптація до низьких температур супроводжується глибокими змінами інтенсивності обміну речовин, які сприяють синтезу й нагромадження вуглеводів, білків та нуклеїнових кислот. Ушкодження та загибель зимуючих рослин зумовлені також замерзанням води в міжклітинниках і клітинах, що супроводжується механічним травмуванням мембран.

Під час перезимівлі рослини переходять на анаеробну форму дихання. Низькі температури гальмують окислювальні процеси у мітохондріях, спричиняють зниження швидкості поглинання кисню.

4. Солестійкість. Стійкість до забруднення важкими металами. Газостійкість

Більшість зрошуваних земель Півдня України зазнає засолення. Для більшості рослин надлишок солей у ґрунтовому розчині є токсичним. Проте деякі рослини можуть розвиватися навіть тоді, коли вміст солей становить понад 1%. Рослини, які пристосувалися до проростання на засолених ґрунтах, називають **галофітами**. Галофіти поділяють на декілька груп:

1) **евгалофіти** (справжні галофіти) можуть нагромаджувати в своїх тканинах значну кількість солей (до 10%), мають високий осмотичний потенціал, і здатні поглинати воду на досить засолених ґрунтах (наприклад, солерос);

2) **криногалофіти** (солевидільні). Поглинуті солі вони виділяють особливими солевидільними залозами. Для них характерна висока інтенсивність транспірації (кущі тамариксу);

3) глікогалофіти (соленепроникні). Підтримують високий осмотичний потенціал (наприклад, полин).

Серед зернових культур найбільшою солестійкістю володіє сорго, підвищена стійкість також у соняшника, бавовника, кавунів.

У зв'язку із антропогенним впливом останнім часом загострилась проблема нагромадження у рослинах важких металів. За ступенем фітотоксичності важкі метали можна розташувати у такий ряд: $Cu > Ni > Cd > Zn > Pb > Hg$.

Висока стійкість до забруднення важкими металами деяких видів рослин зумовлена синтезом специфічних білків *фітохелатинів*.

Рослини використовують у біоіндикації та біомоніторингу навколишнього середовища. Так, індикаторами до забруднення свинцем і кадмієм є рдесник кучерявий, елодея канадська.

За здатністю поглинати важкі метали з ґрунту рослини поділяють на три групи:

1) рослини-акумулятори - нагромаджують метали в своїй надземній частині;

2) рослини-індикатори - регулюють надходження важких металів у надземну частину рослини і відображають їх концентрацію у ґрунті;

3) рослини-елімінатори - уміст металів у надземній частині цих рослин залишається сталим і низьким при широкому діапазоні їх концентрацій в ґрунті.

Рослинний організм реагує також на потрапляння в атмосферне повітря шкідливих газів у результаті антропогенної діяльності людини.

Газостійкість – це здатність рослин зберігати життєдіяльність за негативного впливу шкідливих газів.

Швидким і чутливим показником ушкодження фотосинтетичного апарату рослин є зміна фотосинтетичної активності листків.

Кислотні дощі, що виникають в результаті забруднення атмосфери промисловими викидами, викликають порушення функціонування мембранних транспортних систем.

За характером дії газів рослини поділяються на дві групи:
-газочутливі;
-газостійкі.

Газостійкі рослини здатні контролювати надходження газів через продиховий апарат, забезпечують буферність цитоплазми та здійснюють детоксикацію шкідливих газів.

Отже, рослинний організм є найчутливішим та найбільш надійним індикатором забруднення атмосфери.

5. Радіаційний стрес. Стійкість до хвороб

Радіобіологічна реакція рослинного організму залежить від характеристики іонізуючого випромінювання та його фізичних властивостей. Вона буває різноманітною: від прискорення росту та розвитку рослини до її загибелі. Під впливом стимулюючих доз у рослинах збільшується вміст фітогормонів – активаторів росту. Дане явище використовують у селекції.

Радіостійкість рослин залежить від фізіологічного стану на момент опромінення, а також від дози опромінення – гостре чи пролонговане опромінення. Експериментально встановлено, що насінина в стані спокою характеризується припиненням проходження фаз клітинного циклу, тому її радіостійкість значно вища, ніж у період вегетації, коли в меристемах відбувається постійний поділ клітин. Вважають, що найвища радіочутливість у лілій, серед хвойних – у сосни та ялини, у винограду, плодоягідних культур. Серед трав'янистих досить чутливі бобові. А деякі види синьозелених водоростей не втрачають життєздатності у епіцентрі ядерного вибуху. Висока радіостійкість характерна для злакових культур, максимальна радіостійкість у хрестоцвітих, зокрема редьки.

Рослинний організм крім несприятливого впливу різноманітних абіотичних факторів, зазнає також дії біотичних факторів. Це різноманітні мікроорганізми – потенціальні патогени.

Патоген – це живий організм (або вірус), здатний спричиняти захворювання у рослини-господаря. Це, як правило,

паразити, які одержують потрібні поживні речовини від рослинного організму.

Виділяють поняття стійкості та схильності до ураження патогеном. Здатність рослин стримати розвиток патогенів називають *стійкістю до хвороб*.

Види патогенну, іншими словами *раси* класифікують як:

- *вірулентну* - ту, що зумовлює хворобу;

- *авірулентну*.

У рослинних організмів захисним механізмом є синтез антимікробних речовин – *фітоалексинів*. Так, у бульбах картоплі при ураженні фітофторою утворюється три фунгітоксичні речовини: *ришитин, любимін, фітуберин*.

ТЕМА 6. ЖИТТЄВІ ФОРМИ РОСЛИН ЯК НАСЛІДОК СПРЯЖЕНОЇ ЕВОЛЮЦІЇ ПОПУЛЯЦІЙ РІЗНИХ ВИДІВ У ЄДИНІЙ ЕКОСИСТЕМІ

План

1. Поняття життєвої форми рослин.
2. Класифікація життєвих форм.
3. Еволюція життєвих форм у єдиній екосистемі.

1. Поняття життєвої форми рослин

У процесі своєї еволюції рослини, пристосовуючись до умов середовища, набули певного зовнішнього виду, що найбільш відповідає навколишньому середовищу. Датський ботанік Е. Вармінг групи рослин, що мають подібний вигляд в результаті подібних шляхів пристосування, назвав *життєвими формами*. Більш повне поняття життєвої форми подає дослідник Серебряков Він вважає, що життєва форма – це сукупність дорослих особин даного виду в певних умовах місцезростання, включаючи надземні та підземні органи, які володіють своєрідним загальним габітусом (зовнішнім виглядом).

Більшість вчених сходяться на визначенні за таким змістом: *життєва форма – це сукупність певних видів рослин, подібних за зовнішнім виглядом (габітусом), що зумовлено*

анатоμο-морфологічною будовою й еколого-фізіологічними ознаками, які сформувалися в процесі еволюції під постійним впливом комплексу факторів середовища і спадково закріпилися.

2. Класифікація життєвих форм

Найпершу систему життєвих форм запропонував О. Гумбольдт на основі зовнішньо-морфологічних і структурних ознак. Він керувався головним чином зовнішнім виглядом рослин і виділив 17 життєвих форм певного типу (наприклад, форма пальм, кактусів, злаків, осок). Пізніше Друде запропонував свою класифікацію, взявши за основу періодичність вегетації, морфологічні та біологічні особливості рослин. Класифікація Вармінга була заснована на способі живлення рослин, характері місцеіснування, тип росту тощо.

Найбільш широко визнаною є класифікація життєвих форм, яку розробив датський ботанік К. Раункієр на початку ХХ ст. Його система ґрунтується на виділенні надзвичайно важливої ознаки, що характеризує пристосування рослин до перенесення несприятливого періоду року – холодного або сухого, тобто розташування бруньок відновлення та верхівки пагонів відносно поверхні ґрунту або снігового покриву в несприятливий період року. За даною класифікацією усі рослини поділяються на 5 груп:

1. Фанерофіти – життєві форми рослин, бруньки відновлення яких розташовані високо над поверхнею ґрунту, не нижче 30 см, вкриті лусками і добре захищені від вимерзання та висушування (це дерева, кущі, ліани, епіфіти).

2. Хамефіти – бруньки відновлення розташовані на висоті до 30 см над поверхнею ґрунту, що забезпечує їм зимівлю під сніговим покривом або під прикриттям відмерлих часток рослин (низькорослі кущі та напівкущі: чорниці, лохина, барвінок). Хамефіти в свою чергу підрозділяють на 4 підгрупи:

1) *напівкущі* – у них до кінця вегетаційного періоду відмирають верхні частини стебел, а нижні частини пагонів здатні переносити несприятливі умови (рослини родини губоцвітих, бобові, гвоздичні тощо);

2) *пасивні хамефіти* - в їхніх стеблах майже відсутня механічна тканина, тому вони падають на ґрунт від власної ваги, де і вкорінюються (очиток, зірочник);

3) *активні хамефіти* – невисокі стебла таких рослин лише не набагато піднімаються над поверхнею ґрунту (барвінок, вероніка);

4) *рослини-подушки* - пагони цих рослин тісно скупчені, склерифіковані, підтримують один одного, створюючи щільну «подушку». Зростають на альпійських луках Карпат, Паміру, Альп, приземкувата форма крони яких найкраще відповідає екстремальним умовам. Типові представники - качим, акантолимон, моховидка, діонісія, гострокільник.

3. Гемікриптофіти – це багаторічні трави, в яких надземні органи у кінці вегетації відмирають, а бруньки відновлення знаходяться на рівні ґрунту і захищені власним листям, що відмирає, листовою підстилкою і снігом. Це – трав'янисті види лучних, степових і лісних фітоценозів помірних широт. Гемікриптофіти поділяють на 3 підгрупи:

1) *рослини без розеток* – у них надземні стебла відмирають повністю, а бруньки відновлення розташовуються або в основі стебла (звіробій), або на кінчиках бічних пагонів (кропива), або вони прикриті тонким шаром ґрунту (вербозілля);

2) *рослини напіврозеточні* – з дуже вкороченими нижніми міжвузлями, зимуючі бруньки яких розташовані між листками, що формують розетку (гравілат), або на кінцях надземних пагонів (жовтець) чи на підземних бічних пагонах (яглиця);

3) *рослини розеткові* – у них зимуюча форма майже не відрізняється від літньої (подорожник великий, кульбаба лікарська).

4. Криптофіти – це рослини, надземні органи яких на несприятливий період вегетації відмирають, а їхні бруньки відновлення та верхівки видозмінених пагонів розташовані під землею (у геофітів) або на дні водойм (у гідрофітів) чи в іншому субстраті. Поділяються на три підгрупи:

1) *геофіти* – зимуючі бруньки містяться на підземних органах: цибулинах (тюльпан), стеблових бульбах (цикламен), кореневищах (купина) тощо;

2) *гелофіти* – зимуючі бруньки розміщені нижче дна водойми (стрілолист, сусак зонтичний);

3) *гідрофіти* – бруньки зимують на дні водойми на багаторічних кореневищах (латаття біле) або у вигляді спеціалізованих бруньок - *туріонів* (ряска мала) , які восени опускаються на дно і спливають весною.

5. Терофіти – це однорічні рослини, які переносять сухий або холодний період у вигляді насіння або спор. Характерною рисою цієї життєвої форми є здатність за досить короткий термін – декілька тижнів проходити річний цикл розвитку (вероніка весняна, багато ефемерів).

Існує ще досить близька класифікація до класифікації Раункієра. Це еколого-морфологічна класифікація життєвих форм, які виділяють за формами росту та тривалістю життя вегетативних органів: *деревні* (дерева, чагарники, чагарнички); *трав'янисті* (багаторічні, дворічні й однорічні трави); *напівдеревні* (напівчагарники, напівчагарники) рослини.

У *деревних* рослин наявні багаторічні скелетні пагони, на яких розміщені бруньки відновлення. Основна форма дерева – прямостійна. Є дерева із сланким стовбуром (кедровий сланик), а також із виткими стовбурами – це деревоподібні ліани.

Форма крони у прямостійних дерев може бути зонтикоподібною, прапороподібною, пірамідальною, округлою тощо.

У *чагарників* на відміну від дерев наявні декілька або багато стовбурів, які змінюють один одного. Спочатку росте основний пагін, а на третьому-десятому році життя зі сплячих бруньок основи стовбура розвиваються нові пагони, які часто вищі за материнський пагін.

Чагарнички – це низькорослі чагарники, заввишки до 50 см, які мають слабо виражене вторинне потовщення і такий же спосіб галузження, як у чагарників (журавлина, брусниця, чорниця). Чагарничковий ярус сформовано на болотах, у лісах, тундрі (багно звичайне, андромеда). На високогір'ї та в тундрі вони набувають сланкої або подушкоподібної форми.

Напівчагарники та напівчагарнички – мають частково дерев'янисті, частково трав'янисті надземні пагони (полин, солянки, лаванда, чебрець). У них щорічно відмирає верхня частина пагона, а нижня залишається і має бруньки відновлення. Дана життєва форма переважає в рослинних угрупованнях степів, напівпустель, на високогір'ї.

Для *трав'янистих рослин* характерний короткий вегетаційний сезон, тобто короткий період життя надземних, переважно прямостійних пагонів. Після цвітіння і плодоношення вони відмирають до основи.

Життєві форми багаторічних трав'янистих рослин класифікуються за характером підземних багаторічних органів, а саме:

- *стрижнекореневі*, (конюшина гірська, волошка лучна, полин звичайний);
- *китицекореневі*, (подорожник великий, жовтець повзучий);
- *короткокореневищні* (півники, гравілат);
- *довгокореневищні* (веснівка дволиста, пирій повзучий);
- *дернинні* (тимофіївка, тонконіг лучний, костриця лучна, ковила);
- *цибулинні* (лілія, нарцис, тюльпан);
- *бульбові* (картопля) бульби;
- *наземно-повзучі та наземно-столонні* (розхідник, вербозілля лучне, суніця, косяниця).

Однорічні трави не мають багаторічних підземних органів і гинуть після утворення насіння (грицики, фіалка польова, пшениця, жито). Всі однорічні рослини несприятливі умови середовища переживають у вигляді насіння.

Крім життєвої форми в екології рослин існують поняття *біоморфи* та *екобіоморфи*.

3. Еволюція життєвих форм у єдиній екосистемі

В екології рослин дослідники на основі різноманітних даних прийшли до висновку про первинність деревних життєвих форм і вторинність трав'янистих. Деревні типи еволюціонували спочатку в проміжні низькорослі, а потім в трав'янисті

паралельно з еволюцією умов життя на Землі. Така трансформація відбувалася при переході від тропіків до помірних і холодних зон Азії і Європи.

Раункієр доводив, що клімат раннього періоду еволюційної історії був теплим і вологим, подібним, як у вологотропічних областях, де панують фанерофіти. Тому він вважав життєву форму дерева первинною. Надалі, у процесі пристосування до клімату уже виникають інші форми. В умовах клімату з сухим і холодним періодом розміри дерев поступово зменшуються, і через чагарники і чагарнички вони переходять у хамефіти. В результаті подальшого погіршення клімату виникають форми, бруньки яких захищені підстилкою, снігом, тобто гемікриптофіти, а надалі і криптофіти, які повністю заховали свої бруньки в ґрунті. А в пустинях з'являються однорічні терофіти, які зберігаються у вигляді досить стійкого до несприятливих умов насіння. Таким чином, система Раункієра переконливо пояснює еволюційно-історичний розвиток життєвих форм.

Напрямок розвитку від деревних форм до трав називають *«редукційною еволюцією»*, в результаті якої представники покритонасінних поступово розселяються з територій їхнього виникнення в зони з менш сприятливими умовами.

ТЕМА 7. ЕКОЛОГІЯ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ (СИНЕКОЛОГІЯ). ОСНОВНІ ТИПИ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ

1. Поняття про рослинні угруповання. Видовий склад угруповань.

2. Ярусність та її роль у формуванні стійкості рослинних угруповань.

3. Продуктивність та врожайність фітоценозів. Поняття сукцесії.

4. Основні типи рослинних угруповань.

5. Взаємовідносини між видами у рослинних угруповань.

1. Поняття про рослинні угруповання. Видовий склад угруповань

Рослинні угруповання – це сукупність взаємопов'язаних між собою різних видів рослин, які тривалий час зростають на певній ділянці місцевості з однорідними умовами існування.

Ділянка лісу, болота, степу – це приклади рослинних угруповань.

Про життя угруповань різних видів організмів вивчають у розділі екології, що має назву *синекологія*.

Рослинне угруповання має свою структуру, яка залежить від екологічних факторів середовища. Розрізняють наступні морфологічні ознаки рослинних угруповань: 1) *флористичний склад*, 2) *аспектність*, 3) *рясність*, 4) *покриття*.

Рослинна формація, яка об'єднує групи рослинних асоціацій (наприклад, ялинові, соснові, букові ліси) є вищою систематичною одиницею рослинних угруповань.

Асоціація рослин – основна систематична одиниця рослинних угруповань, що має певний, властивий їй видовий склад, ярусне розміщення надземних і підземних частин рослин, відповідну послідовну зміну аспектів та певну взаємодію із середовищем упродовж вегетації.

Прикладом асоціації може бути ділянка заплавної луки зі стокосом безостим, ділянка дібровного лісу з дубом звичайним і яглицею звичайною тощо.

Флористичний склад рослинного угруповання – це комплекс усіх його видів.

У рослинних угрупованнях зовнішній вигляд зумовлює певний аспект.

Аспект - це забарвлення, що змінюється впродовж року відповідно до чергування сезонних фаз розвитку рослин.

Аспект буває *постійним* (наприклад, у темнохвойному лісі), де вигляд угруповання майже не змінюється або *тимчасовим* (наприклад, у степових і лучних угрупованнях), які протягом року змінюються декілька разів. Він залежить від видового складу рослин, чисельності видів, фенологічної фази та ярусності угруповання.

Рясність – це насиченість тим чи іншим видом рослинної асоціації.

В помірній зоні рослинні угруповання за кількісним складом досить багаті. Так, у хвойних лісах спільно проростає до 45 видів рослин, в листяних – до 55, в степу – більш як 110 видів.

До складу рослинних угруповань широколистяних лісів належать дуб, клен, липа, із кущів - ліщина, шипшина, багато видів трав'янистих рослин.

Покриття – ступінь покриття поверхні ґрунту окремими рослинами чи фітоценозом. Розрізняють покриття *справжнє*, що створюється основою рослин, і *проекційне* – створене кроною рослин. Ступінь покриття визначається у відсотках.

Флористичний склад угруповання (або видове багатство) визначається кількістю видів, представлених у ньому.

Константність видового складу – це ступінь постійної присутності певного виду.

Кількість видів, знайдених у даному угрупованні на певній одиниці площі (1 або 10 м²) називають **видовим насиченням**.

Ценотична популяція (або ценопопуляція) - сукупність особин будь-якого виду в межах конкретного рослинного угруповання.

У рослинних угрупованнях розрізняють **види-домінанти**, які складають основну частину наземної маси угруповання, та **види-інгредієнти**, участь яких у формуванні структури угруповання незначна. Залежно від конкурентоспроможності серед домінантів розрізняють такі види: віоленти, патієнти та експлеренти.

Віоленти – це види, найбільш здатні до утворення угруповань або укорінення в них. Вони дуже інтенсивно розвиваються, захоплюючи територію, пригнічують інші рослини (наприклад, пирій повзучий).

Патієнти – це види, які перемагають у боротьбі за існування завдяки своїй витривалості, здатності виживати в екстремальних умовах (наприклад, солянки).

Експлеренти – види, які здатні швидко захоплювати незайняті території та вільні ділянки (переважно, однорічні рослини, в основному бур'яни).

У кожному угрупованні є види рослин, які переважають у фітоценозах і визначають особливості рослинного угруповання: його склад, структуру тощо. Вони називаються едифікаторами.

Едифікатори – це види, які здатні формувати середовище існування рослинних угруповань.

Так, едифікатором діброви є дуб, соснового бору - сосна, південних степів – ковила, типчак, низового болота – осоки, очерет.

2. Ярусність та її роль у формуванні стійкості рослинних угруповань

Просторову структуру рослинних угруповань визначає закономірний розподіл наземних і підземних органів рослинних компонентів по відповідних ярусах.

Ярус – це структурна частина фітоценозу, яка відособлена від інших не лише морфологічно, флористично й екологічно, а й фітоценотично.

Ярусність – це вертикальне розчленування певного угруповання на елементи, тобто певні структурні або функціональні частини.

Найкраще ярусність проявляється у лісових фітоценозах, які представлені різними життєвими формами. Розрізняють ярус крони, стовбурів, кущів, трав'янистий і моховий або лишайниковий ярус. Так, наприклад, у лучних фітоценозах перший ярус утворюють, грядиця збірна, тимофіївка лучна; другий ярус – лисохвіст лучний, конюшина рожева, герань лучна, тонконіг лучний; третій ярус - так звані низові злаки – конюшина повзуча, кульбаба лікарська.

Від верхнього ярусу до нижнього ярусу змінюються умови освітлюваності: знижується інтенсивність інсоляції та спектральний склад світла, підвищується вміст вуглекислого газу, вологість повітря, знижується температура. Тобто, рослини перебувають у різних мікрокліматичних умовах. Тіньовитривалішими є рослини, листя яких розташоване ближче

до поверхні ґрунту. Вони містять більшу кількість хлорофілів, що в поєднанні з кращим забезпеченням вуглекислого газу дає змогу їм існувати в умовах недостатнього освітлення.

Рослини, що рано цвітуть (ефемероїди) залежні від світла, яке падає крізь деревний ярус. Ранньою весною у ефемероїдів цибулин і бульби проростають в добре прогрітому ярусі підстилки, швидко цвітуть і дають плоди.

Рослини однієї життєвої форми або виду формують не тільки надземний, а й відповідний підземний ярус.

Фітоценози характеризуються мозаїчністю, чисельністю та щільністю.

Мозаїчність – явище неоднорідності фітоценозів у горизонтальному відношенні, розчленування їх на дрібніші структури.

Мозаїчність зумовлена середовищевітвірним впливом рослин і тварин (наявність кротовин), антропогенним впливом (вирубка лісу), що створює деяку неоднорідність біотопу.

Синузія – це екологічно і просторово відокремлені частини фітоценозу, що складаються з рослин однієї або кількох подібних життєвих форм.

Прикладом синузії може бути біогрупа берези з кількох дерев у буковому лісі, або поверхня скелі з мохами та лишайниками.

Чисельність - це кількість особин окремих видів на одиницю площі або, іншими словами, загальна кількість екземплярів у популяції виду на певній території. Чисельність популяції залежить від інтенсивності розмноження та ступеня виживання.

Щільність (або густина) популяції – це показник, що визначається кількістю особин на одиницю площі.

Щільність покриття – це наповненість поверхні ґрунту рослинністю за проекцією згори.

Загальне проекційне покриття – покриття ґрунту всіма рослинами одного ярусу.

Істинне покриття – сума горизонтальних проекцій основ пагонів поблизу поверхні ґрунту.

Величину покриття виражають у відсотках на одиницю площі або у балах.

Розподіл окремих особин у популяції може бути: а) рівномірним; б) груповим; в) випадковим.

При дослідженні розподілу особин в популяції користуються поняттям *агрегація* – це скупчення особин.

Існують наступні способи поширення насіння тваринами:

Епізоохорія - перенесення насіння і плодів на поверхні тіла тварин (череда, лопух).

Ендозоохорія - тварини поширюють насіння, поїдаючи його, а потім виділяючи з екскрементами.

Синзоохорія - тварини переносять плоди та насіння, готуючи запас на зиму (білками заготовляються шишки, горіхи тощо).

3. Продуктивність та врожайність фітоценозів. Поняття сукцесії

Фітомаса – це сумарна маса рослинних організмів, окремих рослин або їхніх груп у будь-якому природному угрупованні.

Запас фітомаси – це її кількість, що міститься в рослинах на одиницю площі. Кількість відмерлих частин рослин, які опадають на поверхню ґрунту або дно водойм, називають *опадом* або *мортмасою*. Щорічний опад на поверхні ґрунту в угрупованнях називають *мертвим покривом*, а в лісі – *лісовою підстилкою*.

Розрізняють продуктивність фітоценозів, первинну продуктивність і первинну продукцію екосистем.

Продуктивність фітоценозів - це відтворення біомаси рослин, які входять до складу фітоценозу.

Первинна продуктивність – біомаса надземних і підземних органів рослин, а також енергія та біогенні леткі речовини, вироблені рослинними організмами фітоценозу на одиниці площі за одиницю часу.

Первинна продукція – вся маса органічної речовини, що утворилася в процесі життєдіяльності рослинних організмів.

В помірних і посушливих зонах величина первинної продукції фітоекосистем найчастіше обмежена дефіцитом вологи, який значно впливає на процес утворення біомаси.

Урожайність – кількість корисної продукції, яку одержали з певної площі фітоценозу (найчастіше агроценозу) за одиницю часу.

Додаткове внесення мінеральних добрив та оптимальний водний режим є матеріальною основою для підвищення врожайності в агрофітоценозах.

Унаслідок зміни умов існування біоценозів відбуваються зміни одних фітоценозів іншими (наприклад, на місці відвалів кар'єрів, пожарищ). Ці зміни називають *сукцесіями*.

Отже, **сукцесія** (від лат. *successio* – послідовність, зміна) – це ряд послідовних і незворотних у часі змін фітоценозів, що відбуваються на одній і тій самій території.

Сукцесії є особливою формою існування і розвитку фітоценозів. Тобто, це складний, тривалий процес розвитку рослинних угруповань.

4. Основні типи рослинних угруповань

До основних типів рослинних угруповань належать *ліс, лука, степ, болото*. Умови навколишнього середовища (температура, освітленість, зволоженість, тип ґрунту тощо) визначають розподіл рослинних угруповань на земній поверхні. У різних природних зонах (тундра, тайга, степ, пустеля і т.д.) переважають певні життєві форми рослин, які найкраще пристосовані до місцевих умов. Для кожного типу рослинних угруповань характерний певний видовий склад рослинності.

Основною таксономічною одиницею рослинних угруповань (фітоценозів) є *рослинна асоціація*.

Асоціація рослинна - це найменша класифікаційна одиниця рослинних угруповань (фітоценозів), що об'єднує фітоценози, подібні за видовим складом, домінантними видами, ярусною структурою, продуктивністю та екологічними умовами середовища.

Асоціації об'єднуються в групу асоціацій.

Більш високого рангу одиниці класифікації рослинного покриву в порядку їх зростання такі: формація, група формацій, клас формацій, тип рослинності.

Формація рослинна – це таксономічна одиниця, що об'єднує рослинні асоціації, види-едифікатори яких належать до одного ботанічного виду (монодомінантні формації), або асоціації, що формуються одночасно кількома видами, без домінування якогось одного (полідомінантні формації).

Прикладом монодомінантних формацій є усі асоціації ялинового лісу, полідомінантних – формація різнотравних степів.

Рослинність – це сукупність рослинних угруповань (фітоценозів) планети в цілому або її окремих регіонів і місцевостей.

Кліматичні особливості зумовлюють зональний розподіл рослинності на планеті (тропічні ліси, савани, пустелі, напівпустелі, степи, широколистяні та хвойні ліси, тундра, полярні пустелі тощо).

Вищою класифікаційною одиницею рослинного покриву є тип рослинності.

Тип рослинності - сукупність схожих за будовою і зовнішнім виглядом рослинних формацій з переважанням однієї й тієї самої життєвої форми.

Найпоширенішими є такі типи рослинності:

- **Гілеї** – це вічнозелена деревна рослинність зони екваторіальних вологих тропічних лісів. Гілеї є одним із основних джерел кисню на планеті.

- **Жорстколистяні зимньозелені ліси та саванна** – це тип тропічної і субекваторіальної рослинності, поєднання трав'яного покриву з окремими деревами і чагарниками.

Цей тип рослинності формується на червоних і червоно-бурих ґрунтах в умовах тропічного клімату з різко виявленим сухим і вологим періодами, кількість опадів становить 250-550 мм на рік. У трав'яному покриві переважають високі злаки, лілійні, жовтцеві та орхідні. Із деревної рослинності переважають баобаби, акації, евкаліпти та пальми. Листопад спостерігається перед посушливим періодом. Даний тип рослинності займає до 40 % площі в Африці, також характерний для Південної Америки, Австралії, Південної та східної Азії.

- **Літньозелені ліси помірного клімату** – належить до основних типів рослинності, домінуючий ярус якого утворений деревами одного чи кількох видів із зімкненими кронами.

Представниками широколистяного лісу є дуб, граб, бук, клен, ясен, липа, береза та ін. дерева. Залежно від того, який з цих видів домінує, відповідно існують діброви, букові, грабові, дубово-грабові, березові та ін. ліси. У мішаних лісах водночас зростають листопадні та зимозелені рослини (сосна). З інших життєвих форм характерні трави, чагарники, мохи, лишайники.

Ліси в Україні займають велику площу - 10,4 млн. га, майже 15,9% її території. Найбільша лісистість спостерігається у Карпатах (42 % площі регіону) і на Поліссі (20 %), менша – в Лісостепу (12,5 %) та в Криму (11,7 %).

- **Хвойні вічнозелені ліси** – характерні для помірного та холодного клімату. Даний тип рослинності представлений голонасінними породами: ялиною, сосною, модриною. Ялинові ліси проростають лише на зволжених, багатих гумусом ґрунтах, тоді як соснові можуть рости на ґрунтах різних типів, у тому числі бідних піщаних.

- **Луки** - тип рослинності, що характеризується переважанням трав'яних багаторічних рослин: конюшина, тимофіївка, тонконіг, деревій, полин тощо (покритонасінні), мохи. Розрізняють луки заплавні (поширені в заплавах річок), рівнинні (розміщені на незаливних вододільних ділянках) та гірські.

- **Степи** – рослинність аридного континентального клімату з домінуванням ксерофільних вузьколистих злаків.

Панівними видами даного типу рослинних угруповань є види різнотрав'я і низькорослі ксерофільні чагарники. Трав'янисті рослини пристосовані до тривалих посушливих періодів. Значна частина степових рослин цвітуть і дають насіння за коротку відносно вологу весну. Наземна частина степових рослин влітку поступово відмирає, а цибулини і кореневища зберігаються в ґрунті до наступної весни. Серед степів виділяють цілинні, які не змінені людиною. Значну видову різноманітність та родючі ґрунти мають цілинні степи. Проте в Україні такий тип рослинних угруповань зберігся на невеликих площах, лише на території заповідників.

- **Рослинність напівпустель і пустель** – представлена надзвичайно розрідженими ксерофільними, сукулентами і галофільними видами рослин через украй посушливий континентальний клімат та бідні, часто засолені ґрунти. Частка покритих рослинністю площ у пустелях не перевищує 15...20 %. Вищі рослини в найпосушливіших областях зовсім відсутні. За даними ООН, площа пустель щорічно збільшується на 50...70 тис.км².

- **Тундра** – рослинність характеризується відсутністю лісового покриву, де переважають спорові рослини, низькорослі трави, чагарники. Досить розвинуті серед дернини мохи та лишайники, яких налічується близько 1000 видів. Холодні ґрунти і незначна кількість опадів сприяють створенню ксерофітних умов, а річний приріст фітомаси незначний.

- **Рослинність боліт і торф'яників** – представлена рідкісним типом формацій гідрофільних мохових та квіткових рослин. На болотах переважають трав'янисті рослини, проте поширені інші види, що належать до різних життєвих форм. На болотах часто трапляються осика, вільха, верба, калина. Тут зосереджена більшість кальцієфільних видів мохів.

В результаті надмірного перезволоження і нестачу кисню в ґрунті рослинний опад накопичується у напіврозкладеному стані та утворює торф. Торфова маса мало прогривається та є бідною на мінеральні речовини. Крім того, висока кислотність ґрунтового розчину пригнічує розмноження мікроорганізмів, що розкладають органічні рештки.

На болотах проростає багато видів, занесених до «Зеленої книги» України: шейхерія болотна, осоки дводомна та тонкокореневищна, андромеда багатоліста, верба чорнична та лапландська, також трапляються популяції реліктових видів із «Червоної книги України» - водяного горіха плаваючого, сальвінії плаваючої.

Дуже цінними у ценотичному відношенні є болота Малого та Волинського Полісся, болота Карпат, де зустрічаються види, які відсутні або рідкісні на рівнинних болотах України, як, наприклад, водянка чорна, товстянка альпійська, осоки – малоквіткова та волосиста, валеріана цілолиста.

- **Рослинність Світового океану, моря та інших водойм** - представлена найчисленнішими рослинними організмами, які вкорінені на мілководді, де світло проникає аж до дна, прибережними водоростями та квітковими рослинами – гідрофітами.

У прісноводних водоймах переважають прикріплені до дна рослини, переважно квіткові (рдесники, елодея).

Залежно від глибини рослини формують декілька зон вегетації:

- *зона надводної вегетації* – рогоза, стрілолист, очерет; фотосинтетичний апарат у цих рослин міститься над водою;

- *зона вкоріненних рослин із плаваючими на поверхні води листками* - латаття біле; тип рослинності екологічно подібний до попереднього;

- *зона підводної вегетації* – рдесники, елодея; рослини, укорінені на дні, повністю або майже повністю перебувають під водою; такі рослини пристосовані до мінерального живлення у водному середовищі, листки у них розсічені або ниткоподібні.

Фітопланктон представлений синьозеленими, діатомовими та зеленими водоростями; бентосні – бурі, червоні, харові водорості. Протягом сезону часто виникає досить висока щільність популяцій мікроводоростей. Таке явище називають «цвітінням води», що характеризується чисельністю мікроводоростей до 1 млн клітин в 1 см³ води. Загалом рослинність Світового океану, моря та інших водойм налічує до 10 тис. видів.

- **Фототрофні бактерії. Грунтові та наземні водорості.**

У прісних та солоних водоймах поширені *фототрофні бактерії*. Це типові водні мікроорганізми, які утворюють забарвлені плівки або підводні обростання червонуватого або зеленого забарвлення. Вони здійснюють бактеріальний фотосинтез, окиснюють сірководень, сірку, тіосульфат, використовуючи їх як донор водню. Для відновлення вуглекислого газу пурпурні несірчані бактерії використовують переважно органічні сполуки: деякі жирні та гідрокислоти, спирти, а також молекулярний водень. При бактеріальному фотосинтезі не виділяється кисень, тобто відбувається процес фоторедукції.

Ґрунтова флора налічує близько 1200 видів, переважно це зелені, синьозелені, і діатомові водорості, які заселяють приповерхневі шари ґрунту.

Такі одноклітинні організми здатні переносити засуху, коливання температур, освітленості, можуть існувати на глибині до 2 метрів цілими колоніями.

5. Взаємовідносини між видами у рослинних угрупованнях

Основу формування та існування рослинних угруповань в екології рослин становлять взаємовідносини між видами. Рослинні угруповання формуються в результаті боротьби за існування, тобто виникає стан конкуренції.

Конкуренція – активна взаємна боротьба між двома чи кількома організмами або видами організмів за засоби існування, що охоплюють спільні для них фактори середовища.

Внутрішньовидова конкуренція може виникати у одновіковому сосновому лісі, де рослини одного виду змагаються за світло.

Між особинами видів, близьких за вимогами до умов середовища, що входять до складу одного угруповання, відбувається міжвидова конкуренція. Наприклад, у мішаних лісах - між дубом і грабом.

Розрізняють декілька типів взаємодії між рослинами: контактна, трансбіотична та трансбіотична коакції (коакція - вплив одних організмів на інші), які відрізняються за механізмом взаємодії.

Контактні коакції: паразитизм, напівпаразитизм та зростання коренів.

Трансбіотичні коакції проявляються у послабленні рослинного організму, зниженні його конкурентоспроможності та підвищенні конкурентоспроможності своїх неослаблених сусідів фітофагами, фітовірусами, деякими бактеріями, грибами.

Трансбіотичні коакції - це взаємодії через рослинні виділення, мертві рослинні залишки. Так, кореневі виділення окремих видів специфічно діють на інші рослинні угруповання (наприклад, полину гіркого).

Однією із форм співжиття організмів різних видів симбіозу у рослинних угрупованнях є **мутуалізм** (від лат. – взаємний). Він

спостерігається у взаємовідносинах між бобовими рослинами та азотфіксуючими бульбочковими бактеріями, які оселяються на їхніх коренях. Прикладом мутуалізму - це взаємодія між грибами та рослинами. Взаємовигідним для обох організмів є спільне існування коренів вищих рослин, наприклад, берези і гриба підберезника.

Рослиноїдні тварини живиться рослинами. Такий зв'язок рослин із тваринами називається **виїданням**. Специфічні пристосування рослин захищають їх від виїдання (волоски з пекучою речовиною у жалкої кропиви, видозмінені листки - колючки - у кактусів, глоду, шипшини).

Особливою формою взаємовідносин між фітофагами та рослинами є процес запилення рослин. Крім того, тварини поширюють спори, насіння багатьох рослин.

Тема 8. ФІТОІНДИКАЦІЯ

1. Історія розвитку наукового напрямку. Фітоіндикація як наукова екологічна проблема.
2. Індикаторні ознаки рослинності.
3. Методи виявлення індикаторів.
4. Екологічна оцінка індикаторних ознак. Методи екстраполяції рослинних індикаторів.

1. Історія розвитку наукового напрямку.

Використання рослинності як індикатора умов її існування називають *фітоіндикацією*. Фітоіндикаційні дослідження мають давню історію. Письмові згадки про оцінку земельних угідь за допомогою рослин містяться у стародавній писемності Китаю, Індії, Греції.

В різні періоди питаннями фітоіндикації займалися Гумбольдт, Сукачов, Раменський. У 60-х роках ХХ ст. фітоіндикацію виділяють як самостійний науковий напрям. Особливістю цього етапу є розвиток аеро- та космічної фітоіндикації, а також моделювання і прогнозування екологічних ризиків.

Методи фітоіндикації широко використовують в системі моніторингу, оскільки вони суттєво відрізняються від інших

дешевизною та простотою і можливістю одночасно охопити великі території. Фітоіндикацію проводять на різних рівнях організації рослин: *клітинному, анатомо-морфологічному, рівні організму, популяційному, фітоценотичному та ландшафтному.*

2. Індикаторні ознаки рослинності.

Індикаторними ознаками, які вказують на певні умови навколишнього середовища, можуть бути різноманітні ознаки рослинних угруповань: флористичний склад, наявність або відсутність видів-індикаторів, їх чисельність; окремих рослин: зовнішній вигляд, морфологічні й анатомічні особливості, форма росту, незвична форма листків, квіток, хімічний склад (ощо).

Рослинність – це сукупність рослинних угруповань будь-якої території незалежно від того, наскільки зімкнені рослини і наскільки істотною є взаємодія між ними.

Рослинне угруповання – це будь-яке поєднання автотрофних макроскопічних видів рослин, які зростають на однорідній ділянці земної поверхні й перебувають у тісній взаємодії між собою та із довкіллям.

Мікроугруповання (мікроценоз)- найменші просторово-гомогенні угруповання, що перебувають у межах фітоценозу.

Фітоценоз – сукупність видів рослин, які зростають на однорідній території. Структурним елементом фітоценозу є синузія.

Синузія – частина фітоценозу, відокремлена не тільки екологічно, фітоценотично і флористично, а й просторово або у часі. Це частина ярусу рослинного угруповання, що відрізняється від інших складом і кількісним співвідношенням видів, що його населяють.

Класифікація геоботанічних індикаторних ознак була проведена Виноградовим:

Флористичні ознаки – це основні індикаторні властивості рослинності, зокрема відмінності у флористичному складі. Основною індикаційною одиницею є вид.

Фізіологічні ознаки – це характеристики хімічного складу та процесів обміну речовин рослин (різний вміст в тканинах рослин іонів металів і легкорозчинних солей, відмінності у складі концентрації пігментів та ін.).

Морфологічні ознаки – це аналіз внутрішньої анатомічної та зовнішньої структури окремих рослин (ширина річних кілець у дерев, особливості будови, відмінності в будові клітин, висота, діаметр стовбура, розміри листової пластини тощо).

Фітоценотичні – це ознаки асоційованості рослин і особливостей структури рослинного покриву. Фітоценотичні ознаки поділяють на соціальні (кількісні дані, проєктивне покриття, зустрічаємість та дисперсність) та структурні (ярусність, мозаїчність, конфігурація).

3. Методи виявлення індикаторів.

Існують різні методи виявлення рослинних індикаторів.

Флорогенетичний метод (його суть: несформовані нові види, що прогресують на певній території, відрізняються залежністю до специфічних місцезростань, що сприяє їх подальшому формуванню).

Еколого-фізіологічний метод (заснований на вивченні фізіологічних показників рослин залежно від умов довкілля).

Експериментальний вегетаційний метод (вирощування дослідних рослин за різної інтенсивності природних факторів і спостереженнями за реакцією рослин на зміну цих факторів).

Польовий еколого-морфологічний метод (базується на вивченні будови і відповідності кореневої системи умовам місцезростання).

4. Екологічна оцінка індикаторних ознак. Методи екстраполяції рослинних індикаторів.

За ступенем надійності рослинні індикатори поділяють на:

постійні індикатори – це рослини, фітоценози або окремі ботанічні ознаки з вузькою екологічною амплітудою, показники яких задовольняють вимоги потрібної точності спостережень;

змінні індикатори мають дуже широку екологічну амплітуду;

позитивні індикатори вказують на прояв певних природних умов в даному місцезростанні, стосовно яких вони «топофільні» (*галофільні* – до засолення, *гігрофільні* – до зволоження, *ацидофільні* – до кислотності);

негативні індикатори – це угруповання, рослини, що повністю виключають певні умови в даному місцезростанні.

Залежно від частоти зустрічаємості індикатора розрізняють: фонові (80...100%), рясні (60...80%), спорадичні (40...60%), рідкісні (20...40%), поодинокі (5...20%).

Екстраполяція індикаційних даних - розповсюдження їх із досліджених територій на подібні за фізико-географічними умовами території, які не підлягали спеціальним дослідженням.

За дальністю Б.В. Виноградов розрізняє такі види екстраполяції:

- *внутрішньоконтурна* – розповсюдження значення індикатора з ділянок опису, де його було виявлено, на весь контур даного угруповання і ділянки, зайняті тим самим фітоценозом;

- *внутрішньоландшафтна* – розповсюдження значення індикатора на ділянки даного угруповання, що містяться всередині певного ландшафту. Здійснюється зазвичай за аерофотознімками;

- *регіональна* – розповсюдження значення індикатора з регіону, де його було виявлено, на інші, подібні ділянки;

- *дальня екстраполяція* – розповсюдження значення індикатора з одних природних умов на інші, які суттєво відрізняються (в іншу зону або навіть на інший континент на основі аналізу літератури і картографічного матеріалу).

ТЕМА 9. ІНДИКАЦІЯ СТРУКТУРИ ЕКОСИСТЕМ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

1. Індикація кліматичних факторів
2. Ландшафтна індикація.
3. Індикація ґрунтів.
4. Гідроіндикація.

1. Індикація кліматичних факторів.

Важливим кліматичним фактором є морозність, або кріорежим. Для більшості рослин холодний період року є періодом спокою. Найнижча температура на Землі зареєстрована в Антарктиці (-88°C), досить низькі – у Східному Сибіру (до -65°C). Дуже сильні морози до -20°C зареєстровані на значній території поверхні Землі (до 40%) і лише на третині суші температура ніколи не знижується нижче 0°C .

У стадії спокою (спори, насіння) рослини, а також рослини у висушеному стані (пойкілогідрові) нечутливі до несприятливих умов і можуть переносити будь-які температури на Землі.

Холодостійкі рослини поділяються:

- *нехолодостійкі* - пошкоджуються за температури 0°C (водорості теплих морів, рослини тропічних лісів);

- *неморозостійкі* рослини - пошкоджуються під час утворення льоду в клітинах (глибинні водорості та більшість однорічних рослин);

- *льодостійкі* рослини - залишаються живими навіть після утворення льоду в міжклітинниках (більшість багаторічних надземних рослин, прісноводні водорості та мохи).

За ступенем стійкості до високих температур розрізняють:

- *нежаростійкі* види - пошкоджуються при $30\dots40^{\circ}\text{C}$ (еукаріотичні водорості, лишайники та наземні рослини з ніжними листками);

- *жаровитривалі* еукаріоти - можуть виживати при температурі $50\dots60^{\circ}\text{C}$ протягом 30 хвилин (рослини посушливих місцевостей);

- *жаростійкі* прокаріоти - витримують температуру 90°C (бактерії та синьо-зелені водорості, містять специфічні білки та нуклеїнові кислоти).

2. Ландшафтна індикація.

Ландшафт – однорідна за походженням та умовами

розвитку, неподільна за зональними ознаками територіально цілісна ділянка земної поверхні, яка якісно відмінна від інших ділянок внутрішньо взаємопов'язаною сукупністю природних компонентів (рельєф, клімат, ґрунти, рослинний і тваринний світ тощо.).

Ландшафт - основна одиниця фізико-географічного районування. Індикатором у ландшафтознавстві є особливість ландшафту, за якою легко спостерігати на місцевості або на аерофотознімку.

Ландшафтний індикатор повинен мати дві обов'язкові особливості – *достовірність і помітність*. Індикатори ландшафтів поділяють на прямі (мають безпосередній зв'язок з об'єктом індикації) та опосередковані (зв'язок індикатора та індиката відбувається через певні опосередковані ділянки). Ландшафтна індикація поділяється на: індикацію ґрунтів (педоіндикацію); індикацію гірських порід (літоіндикацію); індикацію глибини залягання та ступеня мінералізації ґрунтових вод (гідроіндикацію); індикацію багаторічних мерзлих товщ (геокріологічна індикація); індикацію корисних копалин; індикацію засолення (галоіндикацію).

На ділянках із пишною рослинністю застосовують геоботанічну індикацію, а там, де рослинність малопомітна, а форми рельєфу чіткі – геоморфологічну індикацію.

3. Індикація ґрунтів.

Є рослини, за показниками яких можна визначити водний, хімічний, сольовий та інші показники ґрунтів. Класифікація певних груп рослин-індикаторів стосовно ґрунтового зволоження наступна:

- *фреатофіти* – рослини, коренева система яких сягає водоносних горизонтів (до 5...30 м, тамарикси, саксаул);

- *амброфіти* – існують за рахунок атмосферних опадів (дуже розгалужена система поверхневих коренів, здатних швидко всмоктувати вологу під час опадів);

- *трихогідрофіти* - життя цих рослин забезпечує капілярна волога ґрунтових вод.

За відношенням до механічного складу ґрунтів і материнських порід рослини поділяють на:

- *псамофіти* – проростають на пісках (миколайчики приморські, чина приморська);
- *пелітофіти* – проростають на глинистих ґрунтах (полин, каперси колючі);
- *алевритофіти* – проростають на суглинистих або супіщаних ґрунтах (чебрець, осока піщана);
- *хасмофіти* – поширені на кам'янистих ґрунтах (тамарикс, лаванда);
- *петрофіти (літофіти)* – зустрічаються на скелях (едельвейс).

За відношенням до засолення ґрунту виділяють дві великі групи рослин-індикаторів:

- *галофіти* – проростають на засолених ґрунтах;
- *глікофіти* – рослини, що проростають на ґрунтах, які не містять значної кількості солей.

За пристосуванням до надлишкового вмісту солей у самій рослині рослини поділяють на:

- *еугалофіти*, які у великих кількостях накопичують солі в тканинах рослини і мають соковиті та м'ясисті стебла;
- *криногалофіти* – рослини, які здатні виділяти залишки солей у вигляді краплин розсолу крізь особливі залози і мають характерний сольовий наліт;
- *глікогалофіти* – рослини, що мають систему фізіологічних і анатомічних пристосувань, які захищають рослину від зайвого надходження солей до їх тканин.

За відношенням до умов зволоження ґрунтів виділяють рослини: *гідрофіти* – рослини мілководь і прибережних смуг; *гігрофіти* – рослини-індикатори надлишкового зволоження; *мезофіти* – рослини помірно зволених районів; *ксерофіти* – види посушливих місцезростань (характерні ознаки: вузьколистість, опушення листків, жорсткі стебла та видозміни листків (колючки)).

За кислотністю ґрунтів рослини поділяють на дві великі

групи: *ацидофіли* – рослини кислих ґрунтів (пушиця, білохвіст тощо); *базифіли* або *ацидофоби* – рослини лужних ґрунтів (бузина, бересклет тощо).

4. Гідроіндикація.

Індикаторні рослини можуть використовуватися при вивченні океанів, морів, поверхневих вод суші, підземних вод і ґрунтової мерзлоти.

Рослинність бентосу і планктону морів є показником освітленості, температури, хімічного складу, багатства на органічну речовину та ін. Показником гідрологічного стану та походження вод є *планктон*, бентос – це показник середнього гідрологічного режиму придонних шарів протягом тривалого часу.

У Чорному морі на глибині до 3-5 м переважають світлолюбіві види (*поліфоти*); на глибині 5-15 м - помірно-світлолюбиві водорості (*мезофоти*), а на глибині 50-60 м поширені лише тіньовитривалі (*умброфільні*) червоні водорості.

Про прозорість води судять за глибиною розповсюдження полі- та мезофотних водоростей. Деякі водорості можуть бути використані як показники певних температур, інші – характеризують різний ступінь мінералізації води.

За кількісним вмістом органіки води природних водойм поділяють на:

- *евтрофні* – багаті на гумінові сполуки та мінеральні речовини. Тут широко представлена найрізноманітніша прибережна, плаваюча на поверхні та занурена рослинність;

- *оліготрофні* – бідні на органічну речовину води. Тут найбільш поширені лобелія та літорелла;

- *дистрофні* – багаті на гумінові сполуки, кислі, бідні на мінеральні речовини. Це, як правило, заболочені, торф'яністі території лісів. Типовими представниками цих територій є осока та рдесник.

Водні рослини можуть бути індикаторами швидкості течії. Наприклад, в умовах повільної течії (0,05-0,07 м/с) переважають рогіз широколистий, глечики жовті, в умовах

швидкої течії – очерет звичайний, образки болотні, рдесник плавучий.

Рослини можуть бути індикаторами також ґрунтових вод:

- *постійні гідроіндикатори* – це рослини, які пов'язані з наявністю ґрунтових вод: гігрофіти вказують на наявність близьких ґрунтових вод, а фреатофіти мають розвинену кореневу систему і використовують воду з більш глибоких горизонтів;

- *перемінні гідроіндикатори* – це рослини територій з непостійним ґрунтовим зволоженням;

- *негативні індикатори* – це рослини, які використовують дуже малі запаси гігроскопічної вологи та потребують гарної аерації ґрунту, вони відсутні при наявності близьких ґрунтових вод;

- *індиферентні види* - ті, що мають широку екологічну амплітуду відносно вологи.

Фізіологічними індикаторами ознак гідрогеологічних умов можуть бути:

- показники водного режиму (інтенсивність транспірації, вона висока у мезофітів, фреатофітів і гігрофітів та низька у галофітів та ксерофітів);

- пігментація (сукуленти при наявності близьких ґрунтових вод мають інтенсивне темно-зелене забарвлення, а при глибині більше 1-1,5 м – жовто-червоне);

- вміст солей у вегетативних органах. Так, у сарзана вміст солей в тканинах підвищується зі збільшенням мінералізації ґрунтових вод;

- анатомо-морфологічні ознаки (розміри рослин, форми росту, зміни анатомічної будови).

ТЕМА 10. ФІТОМОНІТОРИНГ. ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИН У МОНІТОРИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ.

1. Поняття фітомоніторингу. Основні методи моніторингових досліджень.
2. Фітомоніторинг забруднення атмосфери.
3. Фітомоніторинг клімату, ґрунтів, водойм.

1. Поняття фітомоніторингу. Основні методи моніторингових досліджень.

Фітомоніторинг – це дослідження екологічного стану фітоценозів або використання їх для оцінки стану довкілля рослин.

Якщо рослини накопичують у своїх тканинах забруднюючі речовини в значно вищих концентраціях, ніж відповідні концентрації в середовищі, товони можуть використовуватися як біомонітори забруднення середовища.

Рослина, у якої ознаки пошкодження з'являються під час дії на неї фітотоксичної концентрації однієї забруднюючої речовини або їх суміші, називається *рослиною-монітором*.

Рослини-монітори дешеві, легко відтворюються, мають типову відповідну реакцію на вплив забруднюючого фактора. В цьому їхні переваги.

До найважливіших методів моніторингових досліджень в екології рослин належать:

а) *статистичний метод* (опрацювання даних про викиди шкідливих речовин в атмосферу, скидання неочищених вод, захоронення відходів і т.д.);

б) *картографічний метод* (використовується для виявлення розмірів природно-антропогенних деградаційних процесів);

в) *лабораторні методи* (основні методи моніторингових досліджень, які використовують різні установи для отримання первинної інформації в лабораторних умовах).

За тривалістю екологічні дослідження можуть бути чотирьох типів:

1. *Рекогносциювальні* (ознайомлювальні) – під час досліджень лише фіксують імовірний стан забруднення довкілля, визначають місця відбору проб, їх кількість, тощо.

2. *Короточасні* (сезонні або однорічні) – відбираються проби вод, донних покладів, ґрунтів, рослинного покриву та біологічних об'єктів для лабораторних досліджень.

3. *Довготривалі* (не менш як трьохрічні) – це вивчення сезонної або річної динаміки забруднення, можливості відновлення попереднього стану біоценозів.

4. *Стаціонарні* (багаторічні) – створення наукових стаціонарних станцій з відбором проб на постійних ділянках досліджень.

2. Фітомоніторинг забруднення атмосфери.

Речовини, що забруднюють атмосферу, поділяють на первинні – викиди джерел забруднень (вуглеводні, альдегіди, етилен тощо) та вторинні – фотохімічні оксиданти, що утворюються вже в атмосфері (озон, двоокис азоту).

Вплив фотохімічних оксидантів на рослини сильніший, ніж первинних забруднень. Вміст даних речовин в атмосфері залежить від часу доби, метеорологічних умов і концентрації первинних забруднюючих речовин.

Фактори дії на вплив фотооксидантів:

- фізіологічні реакції (швидкість росту, цвітіння, плодоношення, утворення насіння, врожайність);
- вік або ступінь зрілості рослини;
- умови культивування (запас поживних речовин, вміст вологи в ґрунті, освітлення, температуру, відносну вологість тощо);
- тривалість впливу і концентрація забруднюючої речовини (ефект «доза-відповідь»), гостра або хронічна дія;
- метеорологічні фактори (швидкість і напрям вітру, кількість опадів тощо).

Уже досліджено, що навіть за незначного перевищення фонові концентрації забруднень (в 1-10 разів) в атмосфері, із екосистем швидко зникають лишайники та чутливі види грибів.

Види рослин, стійкі до забруднення, сприяють очищенню атмосферного повітря. Так, високу здатність поглинати гази має караган, а низьку – липа, клен.

Детоксикація шкідливих речовин у рослині може відбуватися різними шляхами: цитоплазма клітин зв'язує шкідливі речовини, перетворюючи їх на нешкідливі; шкідливі речовини трансформуються в рослинах на нетоксичні продукти, які залучаються до загального метаболізму тощо.

Так, наприклад, різні види дерев мають неоднакову здатність поглинати гази. За розрахунками 10 кг листків тополі поглинають 180 л SO₂, ясена – 140 л, в'яза – 120 л, липи – 100 л, клену - 20 л.

Швидкість поглинання газів рослиною залежить від багатьох факторів: вологості повітря (чим вища вологість, тим швидше поглинаються гази); опушення листків (краще поглинають гази гладенькі листки без опушення і кутикули); інтенсивності освітлення (на світлі поглинання газів прискорюється); температури (підвищення температури прискорює поглинання газів).

3. Фітомоніторинг клімату, ґрунтів, водойм

В сучасний період зміна температурного режиму, кількості опадів, випаровування та антропогенні перетворення ґрунтового покриву за останні десятиліття призводять до появи нехарактерних для природних зон ознак.

В деяких південних районах областей України, спостерігаються процеси ерозії засолення, спустелювання. Вміст гумусу в ґрунтах знизився з 17% до 3%, з'явилися пилові бурі, суховії, також змінився характер рослинності.

Потепління клімату призвело до виникнення хвороб шкідників сільськогосподарських культур та до зменшення їх продуктивності. При зростанні антропогенного впливу ми спостерігаємо погіршення стану земельних ресурсів.

В Україні площа земель сільськогосподарського призначення постійно зменшується, знижується рівень родючості ґрунту.

В поняття родючість ґрунту обов'язково включають рослину, що відображає ступінь відповідності в системі ґрунт-рослина.

У системі моніторингу біосфери екологічний моніторинг водойм займає важливе місце. Основні аспекти моніторингу водойм:

- визначення змін вмісту біогенних елементів, кисню, рівня забруднення тощо;

- вивчення наслідків впливу забруднюючих речовин на індивідуальному і популяційно-біоценотичному рівнях.

При вивченні впливу на водні рослини, то можна зробити висновок, що токсиканти впливають на окремі процеси в організмі: відбуваються зміни хімічного складу та розмірів клітин; зміни у ферментних системах призводять до гальмування важливих фізіологічних процесів (дихання та фотосинтезу); гальмування або припинення росту і відтворення; виникнення мутацій та патологій.

За реакцією водних рослин на забруднюючі речовини у середовищі їх поділяють на такі групи:

- а) рослини-акумулятори - адсорбують токсичні речовини в кількостях, набагато вищих за їхній вміст в довкіллі;

- б) критичні – високочутливі рослини, які зникають при наявності шкідливих речовин токсичного характеру або проявляють патологію, мутацію тощо.

- в) монітори – високочутливі організми, які адаптувалися до умов.

При виконання моніторингових завдань застосовують такі методичні підходи: біологічний опис; детальні екологічні дослідження на полігонах робіт; використання біоти як індикаторних організмів; біотестування для виявлення антропогенних впливів на екосистему; фітоіндикація з метою діагностики хімічного режиму, класу і концентрації хімічних речовин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мусієнко М. М. Екологія рослин : підручник. Київ : Либідь, 2006. 432 с.
2. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин: підручник. Київ : Либідь, 2006. 808 с.
3. Лаптев О. О. Екологія рослин з основами біогеоценології : навч. посіб. Київ : Фітосоціоцентр, 2001. 144 с.
4. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів. Київ : Наук. думка, 1994. 280 с.
5. Кукурудза С. І. Лабораторний практикум з біогеографії. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2018. 90 с.
6. Мусієнко М. М., Серебряков В. В., Брайон О. В. Екологія : Тлумачний словник. Київ : Либідь, 2004. 550 с.