

Морозова Т.В.

АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ



Постійна комісія Київської міської ради з питань
екологічної політики

Управління екології та природних ресурсів
виконавчого органу Київської міської ради (КМДА)

КП «Київський міський Будинок природи»
виконавчого органу Київської міської ради (КМДА)

Аспекти екологічного моніторингу

Київ 2020

УДК 502.175

М80

Рецензенти:

Хрутьба В.О., доктор технічних наук., завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності Національного транспортного університету

Міронова Н.Г., доктор сільськогосподарських наук, завідувач кафедри екології гуманітарно-педагогічного факультету Хмельницького національного університету

Морозова Т.В.

М Аспекти екологічного моніторингу. – Київ, 2020. – 382 с.

ISBN 978-966-2544-53-4

Книга побудована так, щоб поглибити теоретичні знання і сприяти опануванню практичних навичок екологічних досліджень. Наведені сучасні методи екологічних досліджень. Запропоновано низку робіт з класичної екології: аутекології, демекології, синекології та екосистемології. Ряд методик – є власними розробками.

Видання можна розглядати як практичне керівництво для використання можливостей і зниження ризиків в сфері охорони довкілля, використовуючи індикатори для діагностування стану екосистем, зниження навантаження на довкілля шляхом раннього виявлення комплексного впливу за реакцією біоти.

УДК 502.175

© Т.В.Морозова

*”Птахам дані крила, риbam -
плавці, а людям, які живуть у при-
роді, - вивчення і пізнання природи;
ось їх крила ”*

Х. Марті

ВІД АВТОРА

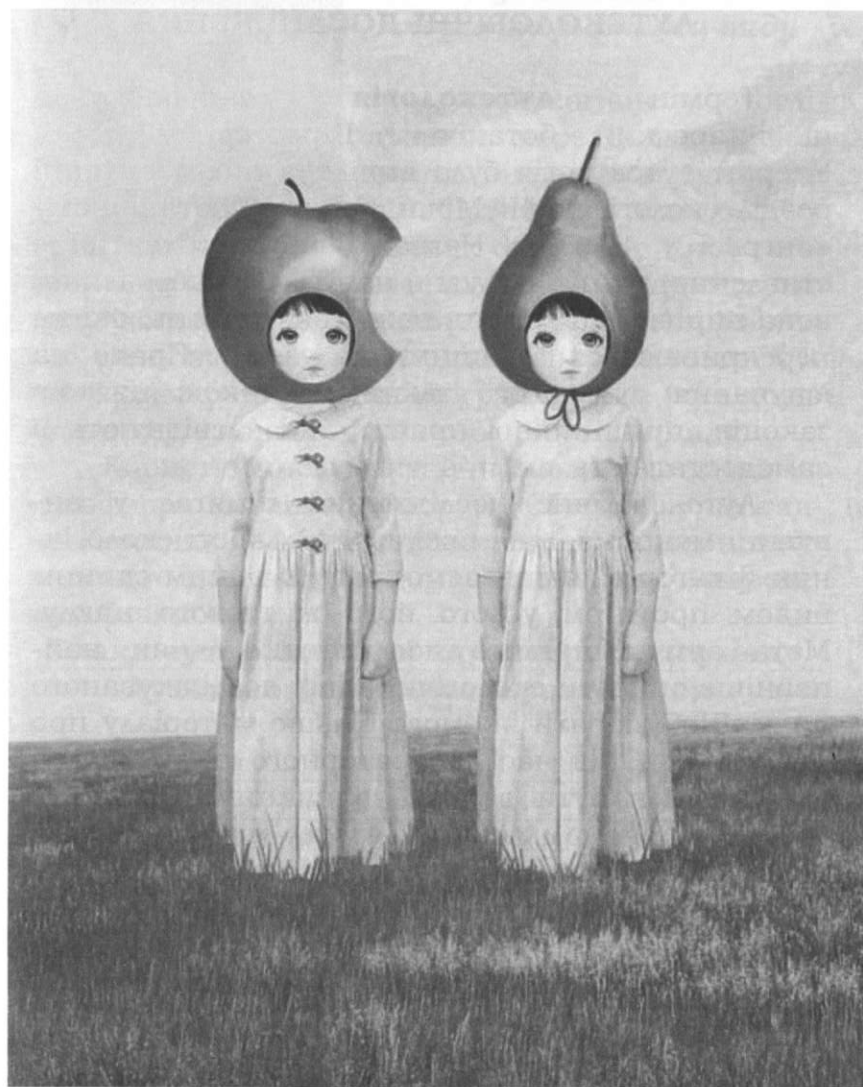
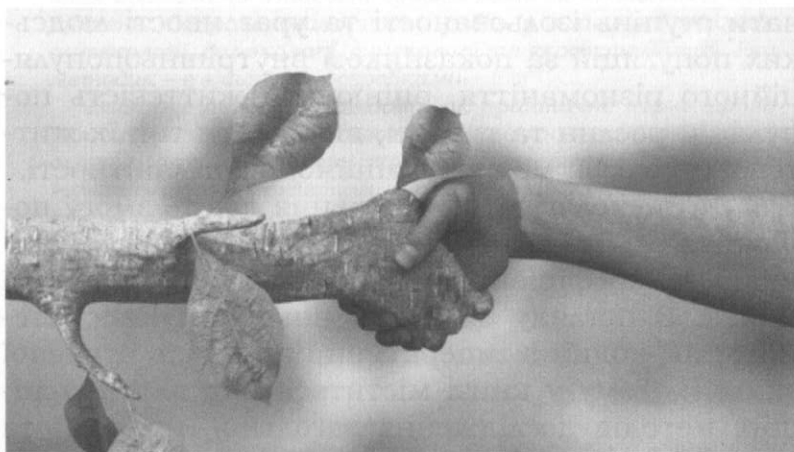
Дана праця спрямована на формування практичних навичок екологічних досліджень. У рамках аутекологічних досліджень представлена оцінка відношення видів до абіотичних чинників, ступінь їх приуроченості до певних біотопів, технологія побудови екологічних ніш та навички користування фітоіндикаційними шкалами.

Популяційні дослідження дозволять визначати ступінь ізольованості та уразливості людських популяцій за показником внутрішньопопуляційного різноманіття, оцінювати життєвість популяцій рослин та тварин, визначати тип їх життєвої стратегії, міжпопуляційної різноманітності.

Синекологічні дослідження дають змогу порівняти особливості оцінки попарної спряженості видів за коефіцієнтами Юла, Пірсона, Коула та Дайса. З погляду сучасних викликів «Екосистемологія» – один з імперативних розділів сучасної екології. Тому у книзі міститься ряд найсучасніших методів дослідження загальної, пружної та резистентної стійкості екосистем, а також розглядаються підходи до визначення стійкості їх середовищного блоку.

Видання буде цікавим і корисним жителям м. Київ, оскільки автор надає інформацію про експрес-діагностику стану довкілля, наводить прості та зручні у використанні методики, які можуть бути використані на загал. Книга зацікавить керівництво підприємств та організацій як покрокова інструкція, яку буде корисно використовувати під час розробки, впровадження планованої діяльності, а також для планування після проектного моніторингу.

Дане видання потрібно розглядати як практичне керівництво для використання можливостей і зниження ризиків в сфері охорони навколишнього середовища, використовуючи індикатори для діагностування стану екосистем, зниження навантаження на довкілля шляхом раннього виявлення комплексного впливу за реакцією біоти.

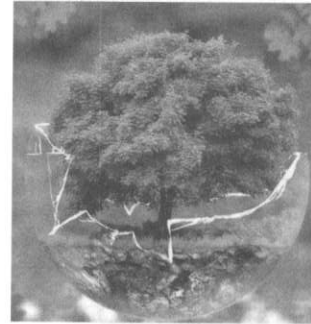


Високе поширення
Поширення по Україні
Погода

АУТЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Термін **аутекологія** запропонував швейцарський ботанік К. Шрьотер у 1896. Уперше аутекологія була виділена в самостійний розділ екології на III Міжнародному ботанічному конгресі у 1910 р. Незважаючи на скептичне ставлення до цієї галузі і навіть її заперечення, вона вирішує цілий ряд важливих питань, які не перекриваються з іншими галузями. Право на існування аутекології захищене також низкою законів, принципів і правил, які засвідчують її самодостатність.

Аутекологічне дослідження полягає у вивченні максимально можливої кількості екологічних факторів, які взаємодіють з одним-єдиним видом протягом усього його життєвого циклу. Мета аутекологічного дослідження – як найповніше описати екологічну нішу досліджуваного виду. Щоб зібрати якомога більше матеріалу про певний вид під час лабораторного практикуму, він повинен бути досить звичайним. Спочатку студенти знайомляться з уже накопиченими відомостями про даний вид. Одночасно накреслюють напрямки подальших досліджень.



Аутекологічна характеристика виду

Аутекологічне дослідження передбачає визначення відношення виду як до абіотичних, так і до біотичних факторів. Крім того, аутекологічну характеристику доповнюють деякими біологічними (характер розповсюдження плодів і спор, його габітус або біоморфа), а також географічними (тип ареалу, висотне поширення) особливостями виду.

Користуючись визначниками, виданнями «Екофлора України», «Флора УРСР», «Червона книга України» дайте аутекологічну характеристику наданого Вам виду рослин згідно з нижченаведеним бланком.

Користуючись визначниками, виданнями «Екофлора України», «Флора УРСР», «Червона книга України» дайте аутекологічну характеристику наданого Вам виду рослин згідно з нижченаведеним бланком.

Бланк аутекологічної характеристики виду

Аутекологічна характеристика виду _____	
Біологія	
Характер розповсюдження плодів та спор	Розп.
Біоморфа	Бм.
Географія	
Зональне поширення	Ар.
Циркумпольярне поширення	СІРСР ОЛ
Висотне поширення	Вп.
Поширення по Україні	Пош.
Ценотип	

Тип ценозів, до яких приурочений вид	Цт
Розподіл виду у межах синтаксонів	Син
Широта фітоценотичної амплітуди	Фтц
Стратегія виду	Стр
Активність виду	Акт
Місце виду в сукцесійному ланцюзі	Сук
Відношення виду до освітленості	Осв
Консортивні зв'язки виду	Конс
Кліматоп*	
Відношення виду до терморезиму	Tm
Відношення виду до континентальності клімату	Kп
Відношення виду до омброрезиму	Om
Відношення виду до кріорезиму	Cr
Едафотоп	
Тип ґрунтів, на яких зростає вид	-
Характер гідроморф	Hd
Змінність зволоження	fH
Кислотний режим ґрунту	Tr
Сольовий режим ґрунту	Rc
Відношення до Карбонатів	Ca
Відношення до вмісту засвоюваних форм азоту	Nt
Відношення до сумарного вмісту гумусу в ґрунті	Gm
Відношення до аерованості ґрунту	Ae

Кліматоп*. Це комплексний фактор, який може бути поділений на кілька складових: терморезим, контрасторезим, омброрезим, кріорезим.

Термоклімат (терморезим) (Tm) оцінюється на основі радіаційного балансу – кількості тепла, що протягом року припадає на 1 см². Ця величина коливається від кількох до 100 ккал на см². На основі зміни показників терморезиму виділяють 9 екологічних груп рослин. Шкала терморезиму має 17 балів.

Омброрезим (Om) – показник, який відображає аридність-гумідність клімату. Він визначається як різниця річної кількості атмосферних опадів (**W**) і випаровуваності (**Eo**):

$$Om = W - Eo, \text{ мм}$$

Кріорезим (Cr) – суворість зим (морозність клімату). Визначається за середньою температурою найхолоднішого місяця. Шкала має 15 балів і характеризує зміну температури від < -34°C до > 18°C.

Континентальність клімату (Kп) – сукупність властивостей, які визначаються впливом великих площ моря і суші на атмосферні та кліматотворні процеси.

$$Kп = \frac{A_p + A_d + 0,25D_0}{0,36\phi + 14} \cdot 100\%$$

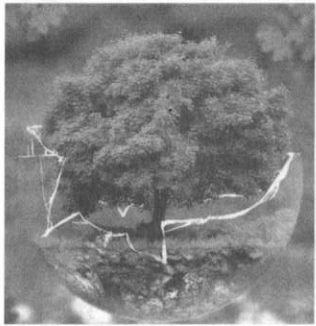
де **Ap** – річна амплітуда температури повітря (різниця між найтеплішим та найхолоднішим місяцем), °C.

Ad – добова амплітуда повітря (в середньому за рік), яка визначається різницею середньорічної максимальної та мінімальної температур повітря, °C.

Do – середньорічний дефіцит відносної вологості повітря, %

0,36φ – лінійна залежність всіх трьох компонентів від географічної широти, град.

14 – сума складових чисельника на екваторі.



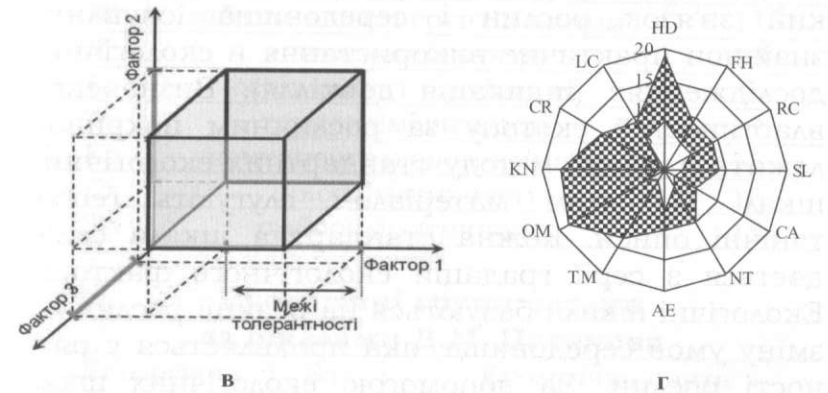
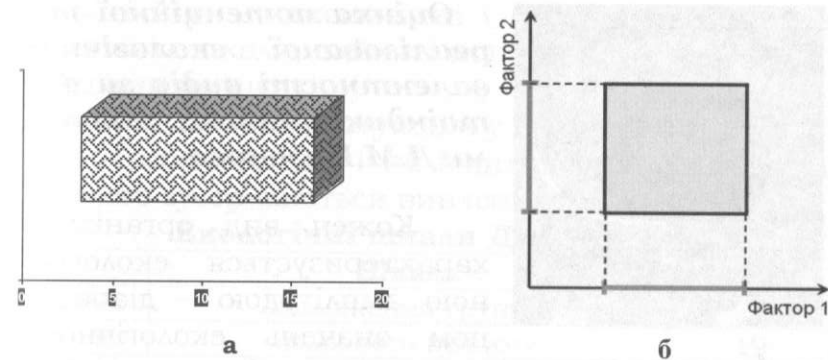
Побудова екологічних ніш виду з використанням фітоіндикаційних шкал

Досить широкі можливості щодо побудови екологічних ніш різних видів рослин відкриває застосування фітоіндикаційних екологічних

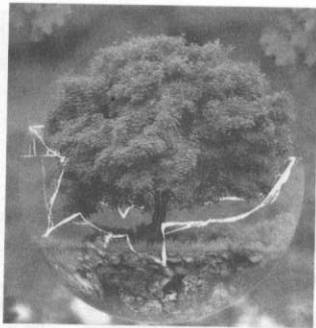
шкал. Серед них найбільш популярні в екологічних та геоботанічних дослідженнях діапазонні екологічні шкали російських учених Л.Г.Раменського (Раменский и др., 1956) та Д.М.Циганова (1983), а також точкові шкали оптимумів європейських дослідників Г.Елленберга (Ellenberg, 1974, 1979) та Е.Ландольта (Landolt, 1977).

Для запропонованого Вам на вибір виду рослин побудуйте різні типи екологічних ніш, користуючись, наведеними в інтернет-ресурсі (<http://mfd.cepl.rssi.ru/flora/ecoscale.htm>) фітоіндикаційними шкалами Д.Н. Циганова (1983), що враховують найбільшу кількість екологічних чинників і до того ж розроблені для рослин помірної зони. Приклади одно-, дво-, три- та багатовимірних екологічних ніш наведені на рисунку 1. Для побудови багатовимірних шкал застосуйте операцію «побудова пелюсткових діаграм» у програмі Excel.

Зробіть висновки щодо чинників (із числа відібраних), за якими досліджуваний вид має найширшу і найвужчу екологічну нішу.



Екологічні ніші. а – одновимірна; б – двовимірна; в – тривимірна; г – багатовимірна



Оцінка потенційної та реалізованої екологічної валентності видів за фітоіндикаційними шкалами Д.М.Циганова

Кожен вид організмів характеризується екологічною амплітудою – діапазоном значень екологічного фактора, при якому можливе його існування. Такий зв'язок рослин і середовища існування знайшов практичне використання в екологічних дослідженнях (індикація довкілля). Визначення властивостей екотопу за рослинним покривом лежить в основі методу стандартних екологічних шкал. Вихідним матеріалом слугують геоботанічні описи. Кожна стандартна шкала складається з серії градацій екологічного фактора. Екологічні шкали базуються на реакції рослин на зміну умов середовища, яка проявляється у рясності рослин. За допомогою екологічних шкал можна визначити екологічну амплітуду виду. У запропонованій роботі використовуються екологічні шкали Д.М. Циганова та виділені на їх основі екологічні групи рослин.

Визначити потенційну (PEV) та реалізовану екологічну валентність виду (REV), індекс толерантності (It) та коефіцієнт екологічної ефективності (K_{ec.eff.}) можна за формулами, запропонованими Л.А. Жуковою:

$$PEV = \frac{A_{max} - A_{min} + 1}{n} \quad REV = \frac{A_{max} - A_{min} + 0,1}{n}$$

A_{max} і A_{min} – максимальні і мінімальні значення ступенів шкали, зайняті конкретними ценопопуляціями на шкалі;
 n – загальне число ступенів у шкалі;
 0,1 – додається як 1-ий поділ шкали, починаючи з якого зустрічаються вивчені ценопопуляції.

Екологічні шкали Д.М. Циганова

	Шкала	Бали
Hd	зволоження ґрунтів	23
Tr	сольового режиму	19
fH	змінності зволоження ґрунтів	11
Nt	забезпеченості ґрунтів азотом	11
Rc	кислотності ґрунтів	13
Lc	освітленості - затінення	9
Tm	термокліматичності	17
Kn	континентальності клімату	15
Cr	кріокліматичності	15
Om	омброкліматичності	15

Екологічні групи рослин за шкалами Д.М. Циганова

Екологічна група	Бал	Екологічна свита
<i>шкала зволоження ґрунту (Hd)</i>		
ксерофіти	1-9	сухопустельна – волого-степова
мезофіти	10-15	сублісолучна – сиролісолучна
гігрофіти	16-19	мокролісолучна – болотна
гідрофіти	20-23	Водно-болотна – водна
<i>шкала забезпеченості ґрунтів азотом (Nt)</i>		
оліготрофи	1-5	анітрофіальна – гемінітрофіальна
мезотрофи	6-9	субнітрофіальна – нітрофіальна 2-га
еутрофи	10-11	нітрофіальна 3-я і 4-та

$$K_{ec.eff} = \frac{REV}{PEV}$$

Співвідношення REV/PEV являє собою коефіцієнт екологічної ефективності ($K_{ec.eff}$), який визначає ступінь використання екологічних потенцій виду за кожним чинником в частках одиниці.

В основі визначення фракцій валентності для кожного виду лежить експертна оцінка, згідно з якою стеновалентними (СВ) вважаються види, що займають менше $\frac{1}{3}$ шкали, евривалентними (ЕВ) – більше $\frac{2}{3}$ шкали, інші види – мезовалентні (МВ). Останні можуть бути розділені на гемістеновалентні (ГСВ), мезовалентні і геміевривалентні (ГеВ) фракції. Популяції СВ видів характеризуються низькою потенційною екологічною валентністю і можуть витримувати лише обмежені зміни певного екологічного чинника, а популяції ЕВ видів – з високою PEV – здатні займати різні місця проживання з надзвичайно мінливими умовами.

Однак простий перелік PEV окремого виду за відношенням до кожного фактору досить громіздкий і тому трудомісткий. Л.А. Жукова вважає за доцільне використовувати поняття «стено-мезо-евривалентність» для характеристики відносин конкретного виду до сукупного впливу кількох чинників. Отже, кожен вид має набір величин PEV, число яких відповідає числу аналізованих факторів. При цьому треба врахувати, що PEV будь-якого виду становитиме лише частку шкали одного фактора. Сума ступенів для кількох факторів, зазвичай, більша одиниці і стано-

вить частину (фрагмент) фундаментальної екологічної ніші конкретного виду. Підсумовування показників PEV виду можна вважати коректним, тому що отримана сума – це частина гіперпростору екологічних ніш видів, межі якого визначаються верхніми межами шкал.

Співвіднесення суми потенційних екологічних валентностей конкретного виду з числом шкал, враховуючи, що внесок кожної шкали дорівнює одиниці, дає міру стено-евривалентності, або індекс толерантності цього виду (I_t). Його можна подати у вигляді формули:

$$I_t = \frac{\sum PEV}{N}, \text{ де}$$

Розподіл видів за групами толерантності має той же принцип, що і розподіл видів за фракціями екологічної валентності.

Фракції валентності і толерантності видів	Величина індексу толерантності
стеновалентна (СВ) стенобіонтна (СБ)	< 0,34
гемістеновалентна (ГСВ) гемістенобіонтна (ГСБ)	0,34 – 0,45
мезовалентна (МВ) мезобіонтна (МБ)	0,46 – 0,56
геміевривалентна (ГеВ) геміевривалентна (ГеБ)	0,57 – 0,67
евривалентна (ЕВ) евривалентна (ЕБ)	> 0,67

Чим більше I_t , тим теоретично вища можливість використання екологічно різноманітних се-

редовищ існування популяціями конкретного виду. Положення модельних видів на пелюсткових діаграмах, де вони представляють кільцеподібні фрагменти фундаментальних екологічних ніш, дозволяють судити про їх екологічне різноманіття, як і розподіл видів за фракціями екологічної валентності та групами толерантності.

У сучасних екологічних дослідженнях широко використовуються еколого-ценотичні групи (ЕЦГ) видів рослин. У цьому випадку вивчення екологічних умов оцінюється за складом рослинних угруповань або їх компонентами. Використання діапазонних шкал Л.Г. Раменського зі співавторами (1956) і Д.Н. Циганова (1983) для екологічної оцінки місць існування популяцій і фітоценозів дозволило Л.А. Жуковій (2004; 2005) ввести нове уявлення про екологічну валентність видів, розробити методики їх кількісної оцінки.

Використовуючи метод стандартних екологічних шкал (Д.М. Циганова) оцініть характер екоотопу запропонованого Вам виду рослин. Для даного виду визначте PEV, REV, I_t та $K_{ec.eff}$

Екологічні характеристики _____

(назва виду)

(за екологічними шкалами) _____

Екологічні шкали (діапазон шкали)	Діапазон екологічного ареалу виду	PEV	Екологічна амплітуда	REV	I_t	$K_{ec.eff}$	Екологічна група



Використання прямого градієнтного аналізу як способу ординації видів за відношенням до екологічних факторів (на прикладі зволоження)

Ординація – це широкий клас сучасних методів обробки даних про зв'язок фітоценозу та біотопу. Розрізняють R- та Q-методи ординації. R-методом ординуються види, Q-методом - фітоценози. Перший метод досить зручний та простий у виконанні, а одержуваний результат більш компактний і характеризує особливості екології окремих видів. При цьому розрізняють прямий та непрямий способи ординації видів. При прямій ординації вимірюються значення того фактора (комплексного градієнта), вздовж якого проводиться ординація. При непрямій ординації види впорядковують уздовж осей складу та структури рослинних угруповань, у яких віддзеркалюється вплив комплексного градієнта.

Найпоширенішим методом одновимірної ординації є градієнтний аналіз. Суть методу досить проста: одночасно з геоботанічним описом ділянок враховується фактор, значення якого відкладаються вздовж осі ординації.

Цей фактор повинен входити до складу головного комплексного градієнта, що здебільшого нескладно встановити при інтуїтивному вивченні рослинності. Далі досить велику вибірку (обсягом 300-500 описів) групують за класами вибраного

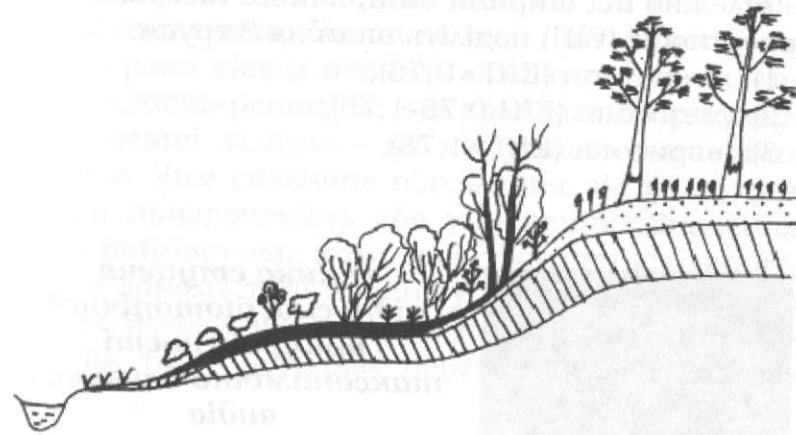
градієнта (достатньо 5-7 груп). І в цих групах враховується постійність та покриття кожного виду. Для статистичної оцінки достовірності розподілу виду за класами градієнта використовують однофакторний дисперсійний аналіз.

В.Б. Голуб (1983) дослідив відношення виду до прямого екологічного фактору (точніше, до комплексного градієнта, організованого фактором зволоження) через опосередкований фактор, який, з одного боку, віддзеркалював тривалість затоплення заплавами водами, а з другого - близькість рівня ґрунтових вод і змінність водного режиму. На цьому підході і була розроблена нами дана робота.

Залежно від висоти над меженню¹ й умов оводненості висотний діапазон профілю умовно розбийте на 6 типів місцеперебувань:

- 1) менше 0,5 м - гігрофітний;
- 2) від 0,5 до 0,9 м - гігромезофітний;
- 3) від 1,0 до 1,4 м - мезогігрофітний;
- 4) від 1,5 до 1,9 м - мезофітний;
- 5) від 2,0 до 2,4 м - ксеромезофітний;
- 6) від 2,5 до 2,9 м - ксерофітний.

¹ **Межень** - це фаза водного режиму річки, яка повторюється в одні й ті ж пори року і характеризується малою водністю, тривалим стоянням низького рівня. Виникає внаслідок зменшення (падіння) живлення річки. До літньої межени (літньо-осінньої) відносять період від кінця повені до осінніх паводків, а при їх відсутності - до початку зимового періоду, тобто до появи на річці льодових явищ. Зимової межень звичайно збігається з періодом льодоставу.



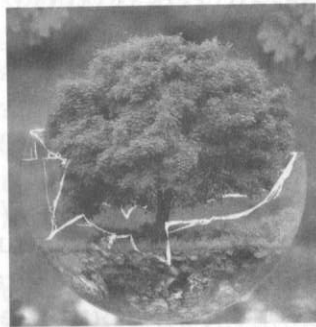
За В.Б.Голубом **перший тип** місцеперебувань знаходиться під водою більше трьох місяців у році, **другий** затоплюється під час паводків² на 2-3 місяці, **третій** - щорічно на 1,5-2 місяці, **четвертий** вкривається водою 5-8 раз за 10 років на термін до одного місяця, **п'ятий** - 1-2 рази в десятиліття на 10-20 днів, **шостий** не затоплюється під час паводків.

Відповідно до типів місцеперебування розбийте всі види закладеного профілю на групи відносно фактору зволоження. Екологічна група трактується як зібрання видів з модою в одному класі градієнта.

² **Паводок** - фаза водного режиму річки, яка може багаторазово повторюватися в різні пори року і характеризується інтенсивним, але короткочасним збільшенням рівня води. Викликається дощами або сніготаненням під час відлиг.

Залежно від ширини емпіричного інтервалу присутності (ЕІП) поділіть види на 3 групи:

- 1) стенотопи (ЕІП <0,75);
- 2) мезотопи (ЕІП 0,75-1,75);
- 3) евритопи (ЕІП >1,75).



Оцінка ступеня відносної біотопічної приуроченості таксономічно близьких видів

Для оцінки вибіркової вибірковості видів при виборі різних біотопів використовується ступінь відносної біотопічної приуроченості (Песенко, 1982; Смирнов, Вехник, 2012), яка враховує долю виду в структурі угруповань різних місць поширення і не потребує однакового обсягу досліджень у різних типах біотопів. Під біотопічною приуроченістю розуміється ділянка середовища, яка характеризується певним типом рослинного угруповання.

Ступінь відносної біотопічної приуроченості розрахуйте за формулою:

$$F_{ij} = \frac{n_{ij}N - n_iN_j}{n_{ij}N + n_iN_j - 2n_{ij}N_j}, \text{ де}$$

n_{ij} – кількість особин i -того виду в j -вибірці таксономічно близьких видів, обсягом N_j ;

n_i – кількість особин таксономічно близьких видів у всіх зборах об'ємом N .

Величина змінюється від «+1» до «-1». Значення показника, більші за нуль, інтерпретуються як прояв видом певних переваг до даного типу місцепоширення, де він трапляється регулярно, а менші за нуль – як відсутність очевидних переваг. Чим сильніше відхилення від нуля, тим більша приуроченість або уникнення. Значення «+1» приймається, коли вид трапляється винятково в даному типі простору, «-1» – вид повністю уникає його, а «0» – вид до нього повністю «байдужий», тобто не надає переваги, але й не уникає.



Оцінка вірності виду певному біотопу

Вірність виду – термін, який використовується для констатації того, наскільки тісно даний вид пов'язаний з певною асоціацією, угрупованням або біотопом. Даний термін запропонував Ж. Браун-Бланке (1918). Ним же розроблена п'ятибальна шкала вірності виду.

З розданих викладачем описів рослинності, зроблених у різних біотопах, виберіть один вид і визначте його вірність певному біотопу, користуючись таблицею, наведеною нижче.

Шкала вірності виду Браун-Бланке

Назва виду згідно шкали Ж.Браун-Бланке	Бали вірності	Характеристика виду
Вірний (еуценний, ценобійонтий)	5	Зустрічається лише в одній категорії рослинності або в одному типі біотопу
Постійний (преферентний, ценофільний)	4	Зустрічається переважно в даній категорії рослинності або в даному біотопі
Прихильний (тихоценний)	3	Зустрічається в різних біотопах, але надає перевагу даній категорії рослинності або даному біотопу
Супутник (убіквіст, аценний)	2	Зустрічається в багатьох категоріях рослинності або типах біотопів без чіткої переваги
Випадковий (ксеноценний)	1	Чужий даній категорії рослинності або даному біотопу, що потрапив туди випадково



Визначення попарної спряженості видів у біоценозах за коефіцієнтами Юла та Пірсона

Спряженість, або асоційованість видів рослин у біоценозах і асоціаціях - більш-менш тісна біологічна й екологічна зв'язаність сукупностей особин різних видів - популяцій. Завдяки асоціюванню і взаємодії видів рослин один з одним і з утвореним ними біоценотичним середовищем складаються стабільні, стійкі біоценози зі складною системою трофічної мережі. Розрізняють негативну спряженість - збільшення чисельності одного виду рослин супроводжується зменшенням чисельності іншого; позитивну спряженість - збільшення чисельності одного виду рослин, викликає збільшення чисельності іншого виду рослин. Розроблено чимало коефіцієнтів асоційованості або спряженості видів рослин. Але всі вони враховують випадки присутності (+) або відсутності (-) обох видів, виражену в кількості ділянок.

У даній роботі пропонується розглянути спряженість видів за коефіцієнтом асоціації Юла (КА) та коефіцієнтом контингенції Пірсона (КК), які здебільшого використовуються паралельно для об'єктивізації висновку. Коефіцієнт контингенції Пірсона завжди менший за коефіцієнт асоціації Юла. Зв'язок вважається підтвердженим, якщо:

$$KA \geq 0,5; KK \geq 0,3.$$

Для виконання цієї роботи викладач дасть Вам таблицю з інформацією про наявність видів, спряженість яких Вам пропонується визначити, на експериментальних ділянках. Для визначення тісноти спряженості між цією парою видів, перш за все, побудуйте чотирипільну таблицю, яка виражатиме зв'язок між відповідними видами. У цій таблиці кожний з видів повинен бути охарактеризованим лише двома альтернативними станами: «наявність на ділянці» (+) та «відсутність на ділянці» (-):

Чотирипільна таблиця для розрахунків спряженості двох видів

Вид В	Вид А			Σ
	+	-	Σ	
+	a	b	a+b	
-	c	d	c+d	
Σ	a+c	b+d	N	

Числа, які стоять на перетині рядків і графів, показують кількість ділянок, на яких були зафіксовані обидва види разом (a), або лише один з видів (c та b), або на яких обидва види були відсутні (d).

Коефіцієнт **асоціації Юла** Коефіцієнт **контингенції Пірсона:**

$$KA = \frac{a \cdot d - b \cdot c}{a \cdot d + b \cdot c}$$

$$KK = \frac{a \cdot d - b \cdot c}{\sqrt{(a+b)(b+d)(a+c)(c+d)}}$$

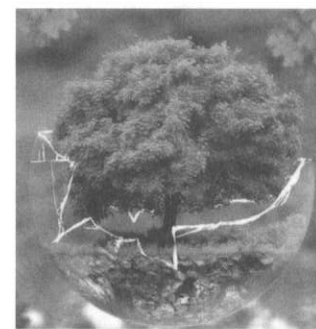
a, b, c, d - кількісні характеристики досліджуваних груп

Оцініть відмітності емпіричних даних від теоретично очікуваних за методом χ^2 . Для цього

під емпіричними даними у дужках зазначте теоретично очікувані. Очікувану кількість випадків розрахуйте. Нижче наведено приклад розрахунку теоретично очікуваних даних за емпіричними показниками. Розрахунок очікуваної кількості випадків.

Розрахунок теоретично очікуваних даних для спряженості *Carex pilosa* Scop. та *Stellaria holostea* L. на основі емпіричних даних з експериментальних ділянок

Вид В (<i>Stellaria holostea</i> L.)	Вид А (<i>Carex pilosa</i> Scop.)			Σ
	+	-	Σ	
+	7 (15)	30 (22)	37	
-	135 (127)	170 (178)	305	
Σ	142	200	342	



Визначення попарної спряженості видів у біоценозах за коефіцієнтом Коула

У даній роботі пропонується визначити спряженість між двома видами за коефіцієнтом К. Коула (C. Cole). Цей коефіцієнт вважається найбільш прийнятним для стаціонарних досліджень фітоценозів (А.А. Корчагін, 1964; Р.Н. Whittaker, 1970; Б.М. Миркин, 1985; А.Є. Солодухіна, П.Г. Пугачев, 2003). На відміну від коефіцієнтів Юла та Пірсона, він використовується для вибірок вузького еколого-

фітоценотичного діапазону. Для коефіцієнта Коула існують різні варіанти розрахунків залежно від співвідношення кількості порівнюваних видів на ділянках. Для кожного з цих варіантів розроблені також формули для визначення похибки. Коефіцієнт приймає значення від -1 до +1, чим більше у виду позитивних зв'язків (за наявності негативних) з іншими видами, тим більша його стійкість у біоценозі.

Обрахуйте коефіцієнт спряженості К. Коула для пари видів, користуючись інформацією про кількість особин цих видів на обстежених ділянках. Дані занесіть у чотирипільну таблицю, наведену у попередній роботі. Розрахунки проведіть за однією з формул, враховуючи відповідність умовам, зазначеним під формулами:

$$b \leq c; ad > bc$$

$$a \leq d; ad < bc$$

$$C = \frac{a \cdot d - b \cdot c}{(a+b) \cdot (b+d)}$$

$$C = \frac{a \cdot d - b \cdot c}{(a+b) \cdot (a+c)}$$

$$S_c = \frac{(a+c)(c+d)}{N(a+b) \cdot (b+d)}$$

$$S_c = \frac{(b+d)(c+d)}{N(a+b) \cdot (a+c)}$$

$$a > d; ad < bc$$

$$C = \frac{a \cdot d - b \cdot c}{(b+d) \cdot (c+d)}$$

$$S_c = \frac{(b+d)(a+c)}{N(b+d) \cdot (c+d)}$$

де S_c – похибка коефіцієнта C ; a, b, c, d – значення чотирипільної таблиці.

Визначення попарної спряженості видів у біоценозах за коефіцієнтом Дайса



Коефіцієнт К.Коула використовують для вибірок вузького еколого-фітоценотичного діапазону (ЕФД). При розширенні ЕФД

у вибірку потрапляють ділянки, де одночасна відсутність видів втрачає для їхнього порівняння екологічну інформативність, оскільки знаходиться за межами екологічних ареалів обох видів і тому зростання зв'язків відбувається за рахунок так званого d-ефекту. Позитивні значення зв'язку (часто достатньо високі) стають можливими навіть при вкрай низькому числі спільних зустрічей. Від цього недоліка вільний коефіцієнт Л.Дайса (Василевич, 1969, 1972).

Дані про трапляння порівнюваних видів на ділянках занесіть у дещо спрощений порівняно з попередніми роботами варіант чотирипільної таблиці

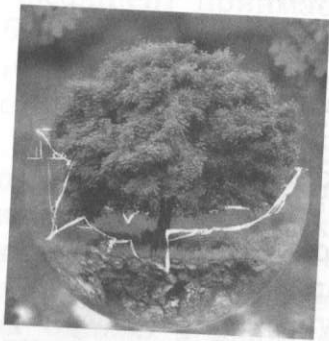
Чотирипільна таблиця для розрахунку коефіцієнта Л.Дайса

		Вид А		
		+	-	Σ
Вид В	+	a	b	a+b
	-	c		
	Σ	a+c		

Розрахунки проведіть за формулами:

$$D_{AB} = \frac{a}{a+c}; D_{BA} = \frac{a}{a+b}$$

D_{AB} відображає зв'язок виду А з В, D_{BA} — виду В з А.



Інтерпретація характеру зв'язку між видами за зіставленням рівня їх спряженості з перекриттям екологічних амплітуд

Дана робота побудована на методологічних засадах, викладених у праці С.С. Руденко (2008). Робота поєднує визначення зв'язку між двома видами за коефіцієнтом Л. Дайса та визначення перекриття екологічних амплітуд цих видів за фітоіндикаційними шкалами Д.М.Циганова. При цьому до уваги беруться 8 таких факторів: термічний режим ґрунту (Тm), континентальність клімату (Кп), вологість клімату (Om), кріорежим (Cr), вологість ґрунту (Hd), кислотність ґрунту (Rc), сольовий режим ґрунту (Tr) та вміст у ґрунті мінерального азоту (Nt). Дослідження дозволяє з'ясувати, що саме визначає характер взаємодії між видами - їх екологічні особливості (відношення до досліджених абіотичних факторів) чи особливості взаємовідносин між ними.

Визначте спряженість обраної пари видів за коефіцієнтом Л.Дайса. Застосувавши шкали

Д.М. Циганова, оцініть перекриття екологічних амплітуд цих видів так:

$$P_{AB} = \frac{a'}{a'+c'}; P_{BA} = \frac{a'}{a'+b'}$$

де a' - число ступенів за певним фактором, при яких амплітуди видів перекриваються, $a' + c'$ та $a' + b'$ - число ступенів амплітуд видів А і В відповідно.

Для розрахунку перекриття екологічних амплітуд видів за сукупністю екологічних факторів розрахуйте **індекс перекриття екологічних амплітуд** видів за формулою:

$$I_{п.л.} = \frac{\sum P_i}{\sum P_{\max}}$$

де P_i – реальне перекриття екологічних амплітуд за кожним фактором; P_{\max} – максимально можливе перекриття екологічних амплітуд за кожним фактором.

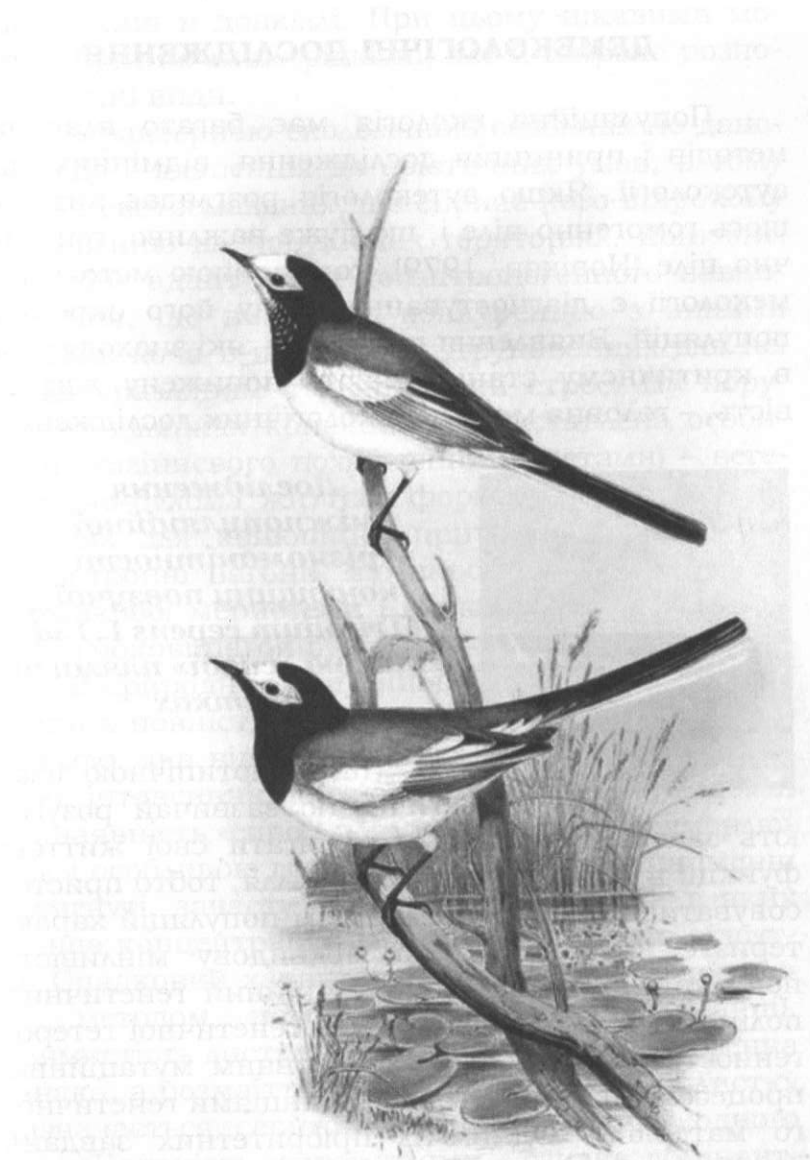
Індекс перекриття екологічних амплітуд видів (I_p) та спряженість (D) можуть збігатися й не збігатися, й саме ступінь їх збіжності є предметом аналізу. При цьому, якщо різниця між I_p та D менше $1/3$ більшого з цих показників, то прийміть, що $P=D$. У цьому випадку зв'язки між видами трактуються як такі, що спричинені перекриттям їх екологічних амплітуд - «е». При $I_p > D$ спряженість видів менша, ніж могла би бути внаслідок подібності їх екологічних амплітуд. Це дозволяє висловити припущення, що один вид створює несприятливі умови для існування іншого (дискомфортна взаємодія - «д»). При $P < D$ вплив виду виражається у створенні комфортних умов («к»). Як приклад ознайомтеся з таблицями 1

та 2 у додатку А, де наведена оцінка характеру зв'язків між видами у наших дослідженнях.



Контрольні запитання та завдання до розділу

1. Який учений запропонував термін «аутекологія» і коли?
2. Дайте визначення предмета досліджень аутекології.
3. Дайте визначення таких комплексних екологічних параметрів кліматопу як терморегіж, континентальність клімату, омброрегіж і кріорегіж.
4. Які Ви знаєте типи фітоіндикаційних шкал? Чим вони відрізняються?
5. За якими формулами визначають потенційну та реалізовану валентність виду?
6. Як розраховується коефіцієнт екологічної ефективності? Що він визначає?
7. Що таке ординація? Які існують види ординації?
8. За якою формулою можна визначити біотопічну приуроченість виду?
9. Що означає вірність виду?
10. Охарактеризуйте шкалу вірності виду за Браун-Бланке.



ДЕМЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Популяційна екологія має багато власних методів і принципів дослідження, відмінних від аутокології. Якщо аутокологія розглядає вид як щось гомогенно ціле і, що дуже важливо, генетично ціле (Новіков, 1979), то головною метою демекології є діагностування стану його окремих популяцій. Виявлення популяцій, які знаходяться в критичному стані і мають понижено життєвість, – головна мета демекологічних досліджень.



Дослідження міжпопуляційної різноманітності конюшини повзучої (*Trifolium repens* L.) за ознакою «сивої» плями на листках

Під фенотипічною пластичністю зазвичай розуміють здатність організму зберігати свої життєві функції в змінних умовах довкілля, тобто пристосовуватися до них. Поїморфізм популяцій характеризує внутрішньо- та міжвидову мінливість популяцій. Внутрішньопопуляційний генетичний поліморфізм – один із проявів генетичної гетерогенності, обумовленої безперервним мутаційним процесом, підсилюється комбінаціями генетичного матеріалу. Одним із пріоритетних завдань екофітомоніторингу є пошук референтних видів, за структурними змінами яких можна діагносту-

вати зміни в довкіллі. При цьому цікавими можуть бути не лише рідкісні, але й широко розповсюджені види.

Характерною екологічною особливістю даного виду є адаптація до абіотичних умов, в тому числі і екстремальних, що сприяє його широкому поширенню на порушених територіях. Конюшина добре адаптується до антропогенного навантаження, що виключає конкуренцію з іншими видами, хоча в природних угрупованнях для неї більш уразливим є ценотичний стрес. На порушених ділянках конюшини представлена особинами насінневого походження (генетами) – вегетативно-рухома життєва форма; в непорушених ценозах для конюшини притаманні видовжені плагіотропні пагони, що нарастають за рахунок верхівкової меристеми і активно утворюють пазушні бокові пагони.

В природних популяціях *T. repens* наявні рослини з повністю зеленими листками і з «сивою» плямою, яка відрізняється за розміщенням, формою, інтенсивністю прояву та розміром. Відомо, що наявність «сивої» плями на листках обумовлюється особливою групою палісадних клітин (менш витягнуті, зачасти неправильної форми), в яких менша концентрація пластид, або ж вони відсутні. Спадковий характер таких порушень доведено методом полімеразно-ланцюгової реакції. Плямистість листка успадковується як моногенна ознака, а розмаїття форм і розміщення на листку визначається серією множинних алелей одного гена. Наявність «сивої» плями – ознака домінантна (V), відсутність – рецесивна (v), вона детермінована генетично і визначається серією мно-

жинних алелей гену V. Різні плями відповідають впливу відповідних алелей, що порушують нормальний розвиток хлорофілу в у полісадних клітинах світлої зони листка, призводять до зменшення в них кількості хлоропластів аж до їх повного зникнення, сприяють зменшенню розмірів полісадних клітин і збільшенню простору між ними, а також до більш ранньої загибелі клітин. Різні рівні розміщення плям відповідають часу дії відповідних алелей, що порушують нормальний розвиток хлорофілу в онтогенезі.

Дж. А. Брюейкер (1966) виділяє 11 алелей даного гену. Алель v рецесивна по відношенню до інших: V , V^H , V^B , V^{Bh} , V^P , V^F , V^S . Алель V^B домінує над V^P , тому малюнки у генотипів $V^B V^P$ та $V^B V^B$ однакові. Однак частіше, вони діють як неоморфи і в компаунді дають продукти обох алелей, тому у фенотипі з'являються плями обох домінуючих алелей, зокрема, генотип $V^B v$ має фенотип B , а $V^{Bh} v$ – фенотип B^H , але в компаунді $V^{Bh} V^B$ виявляється новий малюнок з фенотипом B^H . Для більшості комбінацій алелей притаманна сумісна дія з утворенням різноманітних варіантів.

Для більшості комбінацій алелей характерний їх прояв разом з утворенням різних варіантів. Форма сивого малюнка на пластинках листка конюшини повзучої та частота його зустріваності – індикатор забруднення середовища існування.

Вивченню природних популяцій конюшини повзучої присвячено ряд досліджень, у яких наводиться аналіз просторової та вікової структури популяцій, характеризується еколого-генетична

та міжпопуляційна мінливість за ознакою плями на листках.

Генетична детермінація різноманіття форми «сивих» плям на листках конюшини (за П.Я. Шварцманом, 1986)

Алель	Фенотип	Позначення фенотипу (фена)
v	Пляма відсутня	О
V	Повна пляма	А
V^H	Повна пляма, висока	A^H
V^B	Розірвана пляма	В
V^{Bh}	Розірвана висока	B^H
V^P	Центральна верхня точка	С
V^F	Велика суцільна пляма біля основи	Д
V^S	Низька трикутна пляма біля основи	Е

Результати цих досліджень засвідчили, що фенотипове різноманіття листків конюшини більше в міських умовах порівняно з природними біоценозами. Популяції конюшини повзучої в природних біоценозах характеризуються більшою морфо-генетичною однорідністю, а в міських екосистемах – більшим фенетичним поліморфізмом. В умовах міста популяції конюшини зазнають антропогенних навантажень у вигляді витоку вуглекислого газу, викидів, рекреації, забруднення атмосферного повітря та закиснення. Крім того, в місті спостерігається значне варіювання таких абіотичних факторів, як світло, вологість, температура ґрунту та повітря. Отже, міжпопу-

ляційні відмінності за ступенем поліморфізму конюшини повзучої пов'язані з віком популяцій та з комплексним впливом факторів навколишнього середовища.

Механізм підтримання поліморфізму в місських умовах зумовлений адаптивними ефектами наддомінування, коли різні алелі зберігаються в популяції завдяки балансуєчому добору, який надає перевагу гетерозиготним особинам. У природних популяціях конюшини повзучої здійснюється рушійний добір, спрямований на підвищення частоти трапляння окремих генотипів.

Збір рослинного матеріалу потрібно проводити в період рясного цвітіння конюшини (з другої половини червня по серпень). Для обліку та ідентифікації фенотипів закладіть пробні ділянки з однорідними умовами зростання, але різним антропогенним навантаженням.

Спостереження за зміною малюнка на листках конюшини повзучої проведіть шляхом підрахунку форм з різним малюнком і без нього на пробних ділянках.

Підрахуйте частоту трапляння різних фенів (у %). Зафіксовані фени порівняйте з відомими формами, а при виявленні нових форм занесіть їх у таблицю. Окремо відзначте наявність рослин з будь-якими унікальними фенами, наприклад з малюнком червоного кольору, рослин-мутантів з чотирма та більшою кількістю листків. Такі рослини зберіть у гербарій з описом місця та зазначенням дати виявлення. Статистичний аналіз результатів проведіть із застосуванням пакета програм Excel.

Гомо- та гетерозиготи за алелями гену V, що визначає малюнок «сивої» плями на листках конюшини повзучої ()

	1 v	2 V	3 V ^h	4 V ^h	5 V ^h	6 V ^h	7 V ^h	8 V ^h
1 v	vv D	vv A	vV ^h A ^h	vV ^h B	vV ^h B ^h	vV ^h C	vV ^h D	vV ^h E
2 V		vV A	vV ^h A ^h	vV ^h A (B)	vV ^h A B ^h	vV ^h A (C)	vV ^h (A) D	vV ^h A E
3 V ^h			vV ^h A ^h	vV ^h A ^h	vV ^h A ^h (B ^h)	vV ^h A ^h C	vV ^h A ^h D	vV ^h A ^h E
4 V ^h				vV ^h B	vV ^h B B ^h	vV ^h B	vV ^h B D	vV ^h B E
5 V ^h					vV ^h B ^h	vV ^h B ^h C	vV ^h B ^h D	vV ^h B ^h E
6 V ^h						vV ^h C	vV ^h D	vV ^h C E
7 V ^h							vV ^h D	vV ^h D
8 V ^h								vV ^h E



**Оцінка екологічного
стану довкілля
за розмірно-
віталітетною
структурою популяцій
Arabidopsis thaliana (L.)
Неунг.**

На думку Й.В. Царика, найефективнішими діагностичними критеріями моніторингу стану екосистем, окремих видів і змін довкілля можуть стати інтегральні параметри популяцій. Такою інтегральною характеристикою є життєвість або віталітет ("vitality"). Віталітет представляє фактичну позицію популяції у її реалізованій екологічній ніші та відповідає тій частині норми реакції, яка проявляється за актуальних умов середовища існування у конкретний час. На відміну від малих популяцій, притаманних рідкісним видам рослин, найважливішою характеристикою життєвості популяцій космополітів (до числа яких належать і види-біоіндикатори), є не внутрішньопопуляційне різноманіття, а саме віталітетна структура. Віталітет є однією з найголовніших діагностичних характеристик популяційного рівня при оцінці загального стану місцезростань та їх критичного або близького до критичного стану.

Графіком функції Лоренца є увігнута крива, яка проходить під діагоналлю квадрата. За нерівномірного розподілу крива відступає від діагонали квадрата (прямої абсолютно рівномірного розподілу), чим більше виражене концентрування

ознак у окремих індивідуумів. Методи, розроблені економістами для оцінки нерівностей – крива Лоренца та коефіцієнт Джині, дають кількісну оцінку нерівностей та дозволяють порівнювати популяції рослин. Коефіцієнт Джині є доречнішим, ніж асиметричність розподілу (skewness) для вирішення питань щодо розмірної структури популяцій.

Графічне представлення кривої Лоренца (Рождественська Л. Г., 2005)

Відомо, що екологи розрізняють два типи конкуренції:

- ✓ *розмірно-асиметрична* (size-asymmetric competition, SAC), пов'язана з випереджувальним захопленням ресурсів;
- ✓ *розмірно-симетрична* (size-symmetric competition, SSC), пов'язана з виснаженням (виснаженням) ресурсів.

За способом впливу на конкуруючі організми конкуренцію поділяють на:

- ✓ *експлуатаційну* – взаємодія через використання загального ресурсу, тобто кожна особина отримує ту кількість ресурсу, яка залишилася після його вилучення конкурентами;
- ✓ *інтерференційну* – безпосередня взаємодія особин одна з одною, причому одна з них «механічно» перешкоджає тому, щоб інша зайняла частину місцеперебування і використовувала наявні там ресурси (скажімо, охорона рухливими тваринами своєї території).

За результатами впливу конкуренція буває симетричною і асиметричною.

✓ *Симетрична* конкуренція відбувається за однакових початкових умов для різних організмів (конкуруючі особини здійснюють однаковий вплив одна на одну).

✓ *Асиметрична* – вплив особин одна на одну різниться по силі через генетично кращу пристосованість однієї з них до конкретних умов, або через те, що вона зайняла раніше дане місце існування і т.п.

На результат конкуренції впливає «лотерея», тобто шанс першим потрапити в кращі або гірші умови середовища (мікроплями, що різняться за сприятливістю середовища). Особини, які потрапили в кращі умови і почали розвиватися раніше, мають конкурентні переваги.

Генетичні відмінності, мікроваріація умов середовища і «лотерея» створюють передумови для диференціації конкурентної потужності окремих особин, тобто поділу їх на сильних і слабких, що призводить до асиметричної конкуренції, яка з віком особин посилюється (сильний стає ще сильніше, а слабкий – слабше, оскільки ресурсів для нього залишається все менше). В результаті асиметричної конкуренції відбувається зниження щільності популяції: слабкі рослини гинуть, а слабкі тварини мігрують в місцеперебування з нижчим рівнем конкуренції. Зазвичай згодом асиметричність внутрішньовидової конкуренції посилюється і слабший конкурент в решті-решт гине, тобто асиметрична конкуренція веде до конкурентного виключення особин.

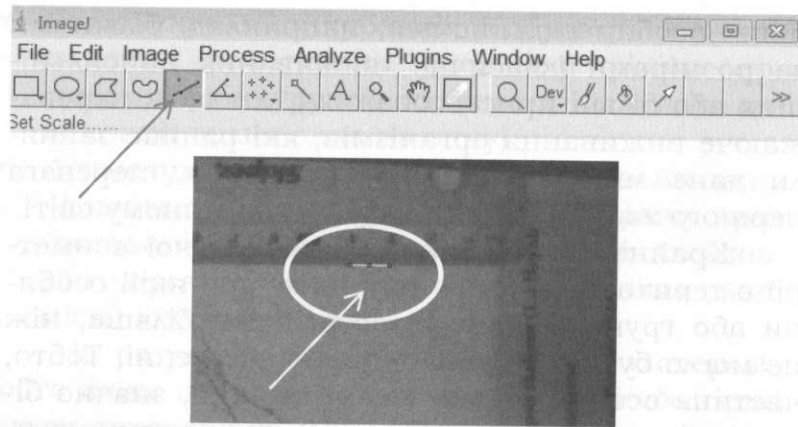
Асиметричність проявляється в пригніченні менш пристосованих організмів більш пристосованими. Це може бути витіснення генетично сла-

бших особин сильнішими, наприклад, більшими за розмірами (класичне «виживання найсильніших або більш пристосованих»), а також переважаюче виживання організмів, які раніше зайняли дане місцеіснування – своєрідна «перевага першого ходу» в тваринному та рослинному світі.

Крайнім вираженням конкурентної асиметрії є територіальність – ситуація, при якій особини або групи особин розосереджені більше, ніж це могло бути при випадковому заселенні. Тобто, частина особин займає певні ділянки, значно більші, ніж потрібно для проживання і розмноження. Решті ж «немає місця під сонцем», вони передчасно гинуть і найчастіше не залишають потомства.

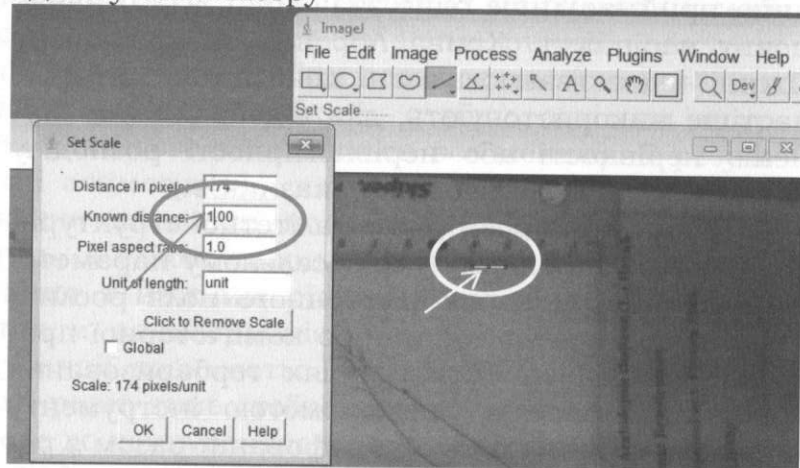
Коефіцієнт Джині – показник нерівності розподілу деякої величини, що приймає значення між 0 і 1, де 0 означає абсолютну рівність (величина приймає лише одне значення), а 1 означає повну нерівність. Крива Лоренца та коефіцієнт Джині – два взаємозв'язані показники, які найчастіше використовують, для відображення ступеню нерівності або нерівномірності розподілу економічних та соціальних показників.

Визначення розмірно-віталітетної структури, ґрунтується на одному універсальному параметрі – площі внутрішнього фітогенного поля рослин, яку визначають за допомогою комп'ютерної програми ImageJ на фотографіях гербаризованих або живих рослин. За допомогою інструменту «виділення ліній» на сфотографованій разом з рослиною лінійці відмічають відрізок, що відповідає 1 см, тобто робиться прив'язка до реальних лінійних розмірів.



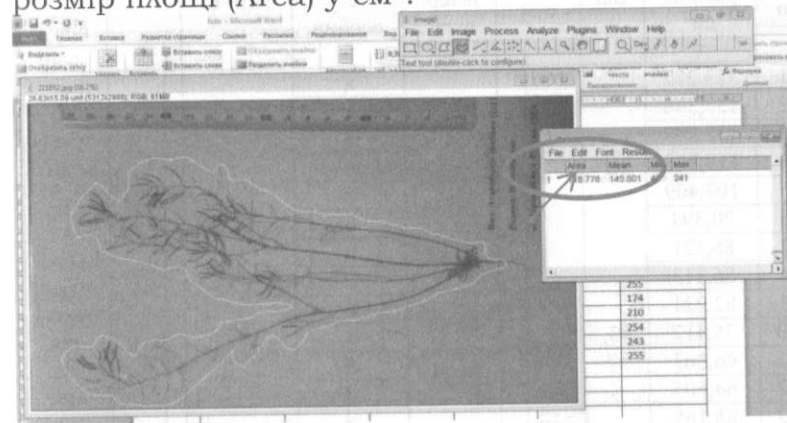
Прив'язка до реальних лінійних розмірів рослини у програмі ImageJ

Задаємо просторовий масштаб зображення за допомогою діалогового вікна SetScale, де зазначаємо, що одиниця зображення відповідає одному сантиметру



Закріплення просторового масштабу зображення за допомогою діалогового вікна Set Scale

Безпосередньо на фотографії оконтурюємо внутрішнє фітогенне поле (ВФП) рослини, використовуючи інструмент «виділення від руки» і визначаємо площу окресленої фігури, відкривши вікно «Measure» в команді «Analyze». Одержуємо розмір площі (Area) у cm^2 .



Оконтурення внутрішнього фітогенного поле рослини, використовуючи інструмент «виділення від руки», і визначення площі окресленої фігури у діалоговому вікні «Measure» в команді «Analyze»

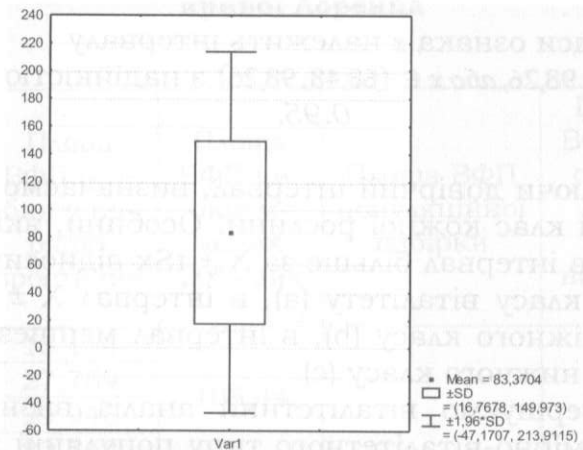
По завершенню визначення площі ВФП рослин популяційної вибірки, розраховуємо показники базової статистики, використовуючи програмний пакет STATISICA6.0, послідовно заносючи їх у таблицю 1. У даному випадку: вибіркове середнє $\bar{x}_e = 83,37 \text{ cm}^2$; середнє квадратичне відхилення $\sigma = 66,60$. Коефіцієнт Стьюдента (t) дорівнює 1,96, що відповідає 95% довірчому інтервалу для нормального розподілу.

Оцінка розмірно-віталітетного типу модельної популяції *Arabidopsis thaliana* L. за внутрішнім фітогенним полем (ВФП) рослин

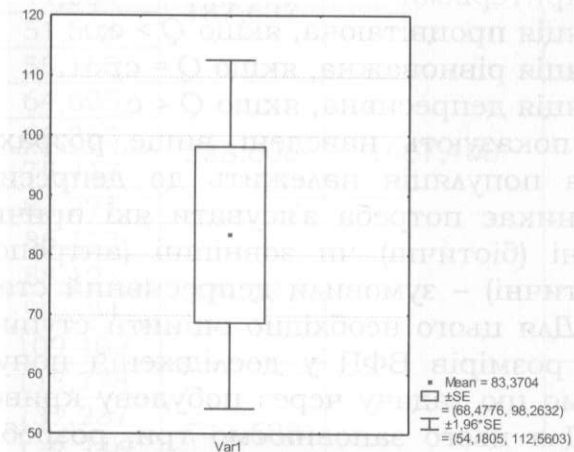
№ п/п	Площа ВФП рослин, см ²	\bar{x}_E (mean)	σ (std. dev.)	Межі довірчого інтервалу, см ²	Клас віталітету особин	$Q = \frac{1}{2}(a+b)$	c	Віталітетний тип популяції
1	323,277	83,37	66,60	68,48 – 98,26	a	$Q = \frac{1}{2}(5+5) = 5$	c=10	Q < c (популяція депресивна)
2	137,346				a			
3	132,287				a			
4	118,778				a			
5	109,409				a			
6	90,394				b			
7	88,121				b			
8	86,113				b			
9	82,221				b			
10	75,417				b			
11	66,363				c			
12	64,605				c			
13	55,165				c			
14	51,508				c			
15	44,664				c			
16	36,300				c			
17	32,562				c			
18	29,945				c			
19	27,759				c			
20	15,174				c			

Межі довірчого інтервалу $X \pm tSx$ визначали двома способами – за Ю.А.Злобіним (1989), розраховуючи Sx як «похибку середнього арифметичного» та за М.В. Лебедевою (2015), розраховуючи Sx як «стандартне відхилення». Діаграми розмаху (або графіки «ящики із вусами»), побудовані на основі цих двох підходів, засвідчують, що при множенні коефіцієнта Стюдента (t) на стандартне відхилення (σ), нижня межа довірчого інтервалу набуває від'ємних значень, що протирічить

біологічному змісту, натомість при множенні на похибку середнього арифметичного ($\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$), такого недоліку не зафіксовано (рис. 10). Тому до уваги приймали довірчий інтервал, визначений за методикою Ю.А.Злобіна.



Діаграма розмаху (за М.В. Лебедевою)



Діаграми розмаху (за Ю.А.Злобіним)

Спираючись на базову статистику, визначаємо межі довірчого інтервалу за формулами:

$$\bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot t = 83,37 - \frac{66,60}{\sqrt{20}} \cdot 1,96 = 68,48$$

$$\bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot t = 83,37 + \frac{70,38}{\sqrt{20}} \cdot 1,96 = 98,26$$

Звідси ознака x належить інтервалу $68,48 - 98,26$, або $x \in (68,48; 98,26)$ з надійністю $\gamma = 0,95$.

Знаючи довірчий інтервал, визначаємо віталітетний клас кожної рослини. Особини, які потрапили в інтервал більше за $X + tSx$ відносимо до вищого класу віталітету (а), в інтервал $X \pm tSx$ – до проміжного класу (b), в інтервал менше за $X - tSx$ – до нижчого класу (c).

Завершуємо віталітетний аналіз визначенням розмірно-віталітетного типу популяцій за індексом якості $Q = \frac{1}{2}(a+b)$. При цьому керуємося такими критеріями:

- ✓ популяція процвітаюча, якщо $Q > c$;
- ✓ популяція рівноважна, якщо $Q = c$;
- ✓ популяція депресивна, якщо $Q < c$.

Як показують наведені вище розрахунки, модельна популяція належить до депресивних. Тому виникає потреба з'ясувати які причини – внутрішні (біотичні) чи зовнішні (антропогенні або абіотичні) – зумовили депресивний стан популяції. Для цього необхідно оцінити ступінь нерівності розмірів ВФП у дослідженій популяції. Реалізуємо цю задачу через побудову кривої Лоренца. Для цього заповнюємо три, розроблених нами розрахункові таблиці.

У першій розрахунковій таблиці (розміщуємо площі внутрішнього фітогенного поля особин модельної популяції у порядку зростання, одразу розбивши їх на п'ять рівних 20%-вих груп.

Перша розрахункова таблиця для побудови кривої Лоренца

№ з/п	Площі ВФП особин у порядку зростання	Площа ВФП окремих 20%-вих	Площа ВФП популяційної вибірки	Площа ВФП окремих 20%-вих груп, %
1	15,174	105,44	1667,408	6,32
2	27,759			
3	29,945			
4	32,562			
5	36,3	187,637		11,25
6	44,664			
7	51,508			
8	55,165			
9	64,605	288,606		17,31
10	66,363			
11	75,417			
12	82,221			
13	86,113	374,037		22,43
14	88,121			
15	90,394			
16	109,409			
17	118,778	711,688		42,68
18	132,287			
19	137,346			
20	323,277			

Оскільки у нашому випадку популяційна вибірка складає 20 особин (100%), кожна 20%-ва група буде представлена 4-ма особинами. У другому стовпчику таблиці зазначаємо площі внутрішнього фітогенного поля виокремлених 20%-вих груп, сумуючи площі внутрішнього фітогенного поля особин, що ввійшли до їх складу. У свою чергу, сукупність виокремлених 20%-вих груп становитиме площу внутрішнього фітогенного поля всієї популяційної вибірки, яку ми заносимо у третій стовпчик першої розрахункової таблиці. І, нарешті, в четвертому стовпчику зазначаємо площу внутрішнього фітогенного поля виокремлених 20%-вих груп, але вже у відсотках від площі внутрішнього фітогенного поля всієї вибірки. Отже, перша група (з найменшими площами внутрішнього фітогенного поля) акумулює 6,32 % сукупного внутрішнього фітогенного поля, а п'ята (з найбільшими площами ВФП) – 42,68%.

Зміст другого стовпчика другої розрахункової таблиці для побудови кривої Лоренца запозичено з останнього стовпчика першої розрахункової таблиці. Щодо першого, то для його заповнення необхідно розкрити зміст двох понять – частість (частка, виражена у відсотках до підсумку) та накопичена частість (визначається шляхом послідовного сумування частостей кожної попередньої та наступної групи). У результаті в останньому рядку маємо отримати 100%. Накопичену частість груп модельної популяції у другій розрахунковій таблиці визначаємо саме за цим принципом. Наприклад, частість першої групи –

20%, частість другої – також 20%, тому накопичена частість буде $20\% + 20\% = 40\%$.

Друга розрахункова таблиця для побудови кривої Лоренца

Накопичена частість груп модельної популяції, %	Площа ФП виокремлених 20%-вих груп, у % від площі ФП популяційної вибірки
20	6.32
40	11.25
60	17.31
80	22.43
100	42.68

У третій розрахунковій таблиці значення двох перших стовпчиків повторюють значення стовпчиків другої розрахункової таблиці. А у третьому стовпчику – розрахована накопичена частість площ внутрішніх фітогенних полів. Для цього послідовно сумуємо площі ВФП кожної попередньої та наступної груп, зазначені у другому стовпчику. До прикладу, відсоток площ першої групи становить 6,32 %, а другої – 11,25 %, тоді накопичена частість площ фітогенних полів цих двох груп: $6,32\% + 11,25\% = 17,57$ і т.д.

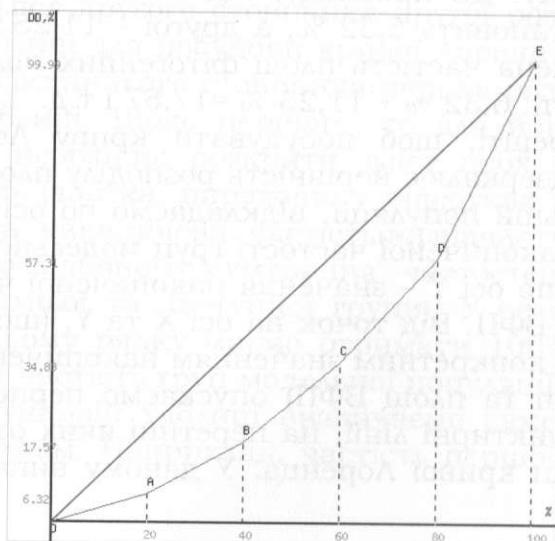
Нарешті, щоб побудувати криву Лоренца, яка віддзеркалює нерівність розподілу площ ВФП у модельній популяції, відкладаємо по осі X значення накопиченої частоті груп модельної популяції, а по осі Y – значення накопиченої частоті площ їх ВФП. Від точок на осі X та Y, (що відповідають конкретним значенням накопиченої частоті груп та площ ВФП) опускаємо перпендикулярні пунктирні лінії, на перетині яких отримуємо точки кривої Лоренца. У даному випадку це

точки O, A, B, C, D, E. З'єднавши їх відрізками, отримуємо криву Лоренца.

Третя розрахункова таблиця для визначення площі під кривою Лоренца

Накопичена частість груп моделної популяції, %	Площа ФП виокремлених 20%-вих груп, у % від площі ФП популяційної вибірки	Накопичена частість площі фітогенних полів, %	Площа трапецій під відрізками кривої Лоренца
20	6,32	6,32	63,2
40	11,25	17,57	238,9
60	17,31	34,88	524,5
80	22,43	57,31	921,9
100	42,68	99,99 (≈100)	1573
			$\Sigma=3321,5$

Крива Лоренца



На основі кривої Лоренца розраховуємо коефіцієнт Джині як відношення площі області, утвореної кривою Лоренца (OABCDE) і прямою абсолютної рівності (OE) до площі трикутника OE100, утвореного прямою абсолютної рівності та прямими 100-E та 0-100%, тобто: $G = (S_{OABCDE} - S_{\triangle OE100}) / S_{\triangle OE100}$. Спочатку знаходимо площу фігури, що лежить під кривою Лоренца (Спід кривою Лоренца). Для цього визначаємо площі прямокутних трапецій з боковими сторонами AB, BC, CD, DE й основами, які відповідають перпендикулярам опущеним з точок A, B, C, D, E на вісь абсцис та висотою – 20. Площі трапецій знаходимо як добуток півсуми основ (a, b) на висоту (h):

$$S = \frac{a + b}{2} \cdot h$$

Окремо знаходимо площу трикутника під відрізком OA за формулою: $\frac{1}{2}$ добутку катетів трикутника. Дані про площі чотирьох трапецій та одного трикутника заносимо у четвертий стовпчик третьої розрахункової таблиці. Склавши площі зазначених фігур, отримуємо площу фігури під кривою Лоренца – 3321,5. Визначаємо площу трикутника SOE100 за формулою:

$$S_{OE100} = \frac{a \cdot h}{2}$$

отже

$$S_{OE100} = \frac{100 \cdot 100}{2} = 5000.$$

Звідси коефіцієнт Джині дорівнює:

$$G = \frac{5000 - 3321,5}{5000} = 0,3357$$

Коефіцієнт Джині аналізуємо за загальноприйнятою градацією його рівнів:

< 0,40	низький
0,40-0,55	середній
> 0,55	високий
> 0,60	дуже високий

Одержаний коефіцієнт Джині належить до низьких, тому депресивний стан цієї популяції не можна пояснити розмір-асиметричною конкуренцією. Робимо висновок, що він зумовлений зовнішніми факторами (абіотичними або антропогенними).

Тепер розраховуємо індекс якості довкілля ($I_{Яд}$) за формулою:

$$I_{Яд} = \frac{c}{a + b + c}$$

Підставивши у цю формулу кількість особин категорій a, b, c для модельної популяції одержуємо:

$$I_{Яд} = \frac{10}{5 + 5 + 10} = 0,5$$

Порівнюємо значення розрахованого індексу якості довкілля з шкалою оцінки екологічного стану довкілля).

Шкала оцінки екологічного стану довкілля

Значення індексу якості довкілля	Екологічний стан довкілля
0, 20≤	катастрофічний
0,21-0,40	критичний
0,41-0,60	напружений
0,61-0,80	задовільний

Отже, в даному випадку екологічний стан довкілля напружений.

В межах території, що підлягає екологічному моніторингу, сфотографуйте на тлі лінійки види-біоіндикатори, або ж проаналізуйте гербарні зразки. Оцініть площу внутрішнього фітогенного поля, за допомогою комп'ютерної програми ImageJ. Визначте життєвість (віталітет) популяції виду-біоіндикатора.

У випадку, коли віталітетний тип популяції депресивний – визначте природу чинників, які зумовлюють депресивний стан – внутрішні (біотичні) чи зовнішні (антропогенні або абіотичні). Побудуйте криву Лоренца та визначте коефіцієнт Джині. Якщо буде доведена зовнішня природа чинників, які зумовлюють депресивний стан – оцініть екологічний стан довкілля за індексом якості, який розраховують як співвідношення кількості особин нижчого класу віталітету до сумарної кількості особин усіх віталітетних класів.



Внутрішньопопуляційне різноманіття та фенотипова подібність людських популяцій за комплексом ознак

На визначених селітебних територіях проведіть фенотипові дослідження за індивідним тестом. Відповідно до особливостей зовнішності досліджуваного виберіть одну з трьох ознак (А, В чи С). При цьому врахуйте, що ознака "В" завжди означає - "не зрозуміло", тобто

описуваний елемент не може бути з повною упевненістю віднесений ні до варіанта "А", ні до варіанта "С".

Індивідуальний тест

1. Стать:

А - чоловіча; В; С - жіноча.

2. Волосся:

А - пряме; В; С - хвилясте.

3. Волосся:

А - темне; В; С - світле (блондини і русі).

4. Волосся:

А - м'яке (тонке); В; С - щетинисте (товсте).

5. Череп (вигляд зверху)



А - круглий;

В;

С - овальний.

6. Потилиця:



А - плоска;

В;

С - опукла.

7. Потилична ямка:

А - прощупується;

В;

С - не прощупується.

8. Потиличний горб:

А - прощупується;

В;

С - не прощупується.

9. Чоло:



А - високе;

В;

С - низьке.

10. Лобна лінія волосся:



А - увігнута;

В;

С - опукла.



11. Скроні:



А - Прямі;

В;

С - скошені.



12. Чоло:



А - скошене;

В;

С - вертикальне.



13. Чоло:



А - плоске;

В;

С - опукле.



14. Чоло:



А - одноповерхове;

В;

С - двоповерхове.



15. **Обличчя:**



А – (вилічний діаметр дорівнює висоті до брів)



С – широке

В – (вилічний діаметр перевищує висоту обличчя до брів;

16. **Обличчя:** А – смугляве; В; С – молочного кольору.

17. **Ластовиння:** А – є В (було); С – немає.

18. **Вертикальне профілювання обличчя:**



А – виступаюче;

В;



С – плоске.

19. **Горизонтальне проліфювання обличчя:**



А – виступаюче;

В;



С – плоске.

20. **Обличчя:**



А – прямокутне;

В;



С – овальне.

21. **Ямочки сміху:**



А – є;

В;



С – відсутні.

22. **Обличчя:**



А – яйцеподібне; сторо-



В; С – у вигляді рівно-

ннього п'ятикутника.

23. **Кут щелепи:**



А – виступає;

В;



С – згладжений.

24. **Вилічний горб:**



А – згладжений;

В;



С – виступає.

25. **Кут щелепи:**



А – тупий;

В;



С – прямий.

26. **Гілка щелепи:**



А – висока;

В;



С – низька.

27. **Надбрів'я:**



А – опукле;

В;



С – згладжене

28. **Брови:**



А – низькі;

В;



С – високі.

29. **Брови:**



А – прямі;

В;



С – дугоподібні.

30. **Брови:**



А – кущисті;

В;



С – звичайні.

31. **Брови:**



А – косовнутрішні;

В;



С – косозовнішні.

32. **Брови:**



А – короткі;

В;



С – довгі.

33. **Міжбрів'я:**



А – вузьке;

В;



С – широке.

34. **Очі:**

А – маленькі;

В;

С – великі.

35. **Очі:**

А – темні;

В;

С – світлі.

36. **Очі:**

А – впалі;

В;

С – випуклі.

37. **Вії:**

А – прямі;

В;

С – дугоподібні.

38. **Вії:**

А – короткі;

В;

С – довгі.

39. **Вії:**

А – світлі;

В;

С – темні.

40. **Складка верхньої повіки:**



А – прикрита;

В;



С – видна.

41. **Складка верхньої повіки:**



А – наявна;

В;



С – відсутня.

41. **Нижня повіка при погляді торкається райдужної оболонки:**



А – так;

В;



С – ні.

43. **Перенісся:**



А – вузьке;

В;



С – широке.

44. **Лобно-носовий кут:**



А – відсутній;

В;



С – виражений.

45. **Кінчик носа:**



А – суцільний;

В;



С – роздвоєний (прямокутний).

46. **Кінчик носа:**



A – опущений; В – прямий; С – припіднятий.

47. **Кінчик носа:**



A – тупий; В; С – гострий.

48. **Ніс:**

A – великий;

В;

С – малий.

49. **Ніс:**

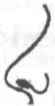


A – широкий;

В;

С – вузький

50. **Спинка носа:**



A – з горбинкою;

В;

С – без горбинки.

51. **Спинка носа:**



A – опукла;

В – пряма;

С – увігнута

52. **Крила носа:**



A – широкі;

В;

С – вузькі.

53. **Ніс:**



A – орлиний;

В;

С – звичайний.

54. **Ніс:**



A – семітичний;

В;

С – звичайний.

55. **Носова перегородка:**



A – схована;

В;

С – виступає назовні.

56. **Фільтр верхньої губи:**



A – високий;

В;

С – низький.

57. **Фільтр:**



A – прямокутний;

В;

С – трикутний.

58. **Фільтр:**



A – глибокий;

В;

С – згладжений.

59. **Верхня губа:**



А – двовершинна;

В;
на.



С – одновершинна.

60. **Губи:**



А – вузькі;

В;



С – широкі.

61. **Рот:**



А – малий;

В;



С – великий.

62. **Ротова щілина:**



А – вигнута;

В – пряма;



С – увігнута.

63. **Язик у трубочку:**



А – не звертається;

В;



С – звертається.

64. **Губи:**



А – виступають;

В;



С – втягнуті.

65. **Губа виступає:**



А – верхня;

В;



С – нижня.

66. **Верхні зуби:**



А – нахилені;

В;



С – вертикальні.

67. **Ікла:**



А – тупі;

В;



С – загострені.

68. **Верхні внутрішні різці:**



А – великі;

В;



С – не виділяються.

69. **Проміжки між верхні внутрішніми різцями:**



А – відсутні;

В;



С – є або прикриваються.

70. **Зуби:**

А – великі;

В;

С – дрібні.

71. **Ямочка на кістці підборіддя:**



А – є;

В;



С – немає.

72. **Горизонтальна зморшка на підборідді:**



А – наявна;

В;



С – відсутня.

А – наявна;

В;

С – відсутня.

73. Підборіддя:



А – високе;

В;



С – низьке.

74. Підборіддя:



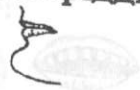
А – широке;

В;



С – вузьке.

75. Підборіддя:



А – виступаюче;

В;



С – скошене.

76. Шия:



А – довга;

В;



С – коротка.

77. Вуха:



А – великі;

В;



С – малі.

78. Вуха:



А – відстовбурчені;

В;



С – притиснуті.

79. Вуха:

А – вертикальні;

В;

С – нахилені.

80. Вуха:



А – широкі;

В;



С – вузькі.

81. Вуха:



А – кутасті;

В;



С – округлі.

82. Мочка:



А – трикутна;

В;



С – звичайна.

83. Мочка:



А – приросла;

В;



С – відвисла.

84. Мочка:



А – велика;

В;



С – мала.

85. Зморшка мочки:



А – є; В; С – відсутня.

86. Протизавиток:



А – виступаючий; В; С – втягнутий.

87. На завитку бугорок Дарвіна:



А – є; В; С – немає.

88. Кисті:

А – широкі; В; С – вузькі.

89. Кисті:

А – довгі; В; С – короткі.

90. Вени на зовнішньому боці кисті:

А – рельєфні; В; С – згладжені.

91. Долоня:

А – жорстка; В; С – м'яка.

92. Долоня:

А – частіше тепла; В; С – частіше холодна.

93. Долоня поцяткована малюнком:

А – слабо; В; С – сильно.

94. Пальці:

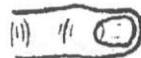
А – вузлуваті; В; С – гладкі.

95. Талія великого пальця:



А – є; В; С – немає.

96. Середній палець:



А – прямокутний; В; С – гострий.

97. Нігті:



А – короткі; В; С – довгі.

98. Нігті:

А – чашоподібні; В; С – циліндричні.

99. Другий палець (лівої руки):

А – коротший ніж четвертий; В; С – довший за четвертий.

100. Згинальна складка I-го (великого) пальця:



А – довга; В; С – коротка.

101. П'ятипальцева складка:



А – довга; В; С – коротка.

102. Трипальцева згинальна складка:



A – довга; B; C – коротка.

103. Поздовжня згинальна складка третього пальця:



A – довга; B; C – коротка.

104. Складки першого пальця та п'ятипальцева:



A – з'єднуються; B; C – роз'єднуються.

105. Тулуб:



A – вузький (худий); B; C – широкий (повний).

106. Тулуб відносно ніг:



A – короткий; B; C – довгий.

107. Талія зі спини:



A – виражена; B; C – згладжена.

108. Великий палець стопи:



A – коротший від другого; B; C – довший за другий.

109. Щиколотки:



A – широкі; B; C – вузькі.

110. Плечі:

A – широкі; B; C – вузькі.

111. Плечі:

A – прямі; B; C – похилі.

112. Таз.

A – вузький; B; C – широкий.

113. Ротові борозни:



A – є; B; C – немає.

114. Епікант (шкірна складка в кутку ока):



A – є; B; C – немає.

115. Лобні зморшки:

A – є; B; C – немає.

Розрахуйте частку різних фенотипових класів за кожною із 115 ознак. Користуючись запропонованим тестом, по кожній з ознак у досліджуваній популяційній вибірці можна виділити не більше трьох фенотипових класів. Абсолютну кількість собин по кожному з фенотипових класів і

розраховану для них частку (у долях одиниці) занесіть у таблицю 15. У цю ж таблицю внесіть значення показника внутрішньопопуляційного різноманіття μ , запропонованого Л.А. Животовським (1982). кількості, тобто в нашому випадку трьом. Крім того, розрахуйте його максимально можливе значення виявляється за умови однакової частоти фенотипових класів і дорівнює їх похибку S_μ даного показника. Розрахунки проведіть за формулами:

$$\mu = (\sqrt{p_1} + \sqrt{p_2} + \sqrt{p_3})^2 \quad S_\mu = \sqrt{\frac{\mu \cdot (m - \mu)}{N}}, \text{ де}$$

p_1, p_2, p_3 – частота фенотипових класів у вибірці;
 m – кількість фенотипових класів;
 N – обсяг вибірки.

Виділіть ознаки, які характеризуються найвищим і найнижчим рівнем різноманіття в межах досліджуваної популяції.

Визначте середнє значення показника μ для даної популяції.

Порівняйте фенотипову структуру популяційних вибірок досліджуваних населених пунктів за різними ознаками, використовуючи показник фенотипової подібності популяцій (r), також запропонований Л.А. Животовським:

$$r = \sqrt{p_1 \cdot q_1} + \sqrt{p_2 \cdot q_2} + \sqrt{p_3 \cdot q_3}$$

p_1, p_2, p_3 – частота фенотипових класів у першій вибірці;

q_1, q_2, q_3 – частота фенотипових класів у другій вибірці.

Похибку для цього показника S_r розрахуйте за формулою:

$$S_r = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{(N_1 + N_2)}{N_1 \cdot N_2 (1 - r^2)}}$$

Результати оціки занесіть у таблицю. В останній рядок цієї таблиці внесіть середнє значення r для порівнюваної пари популяцій.

**Частота фенотипічних класів
і рівень різноманіття за ознаками тесту
"Словесний портрет"**

	А	В	С	μ		А	В	С	μ		А	В	С	μ
1					40					79				
2					41					80				
3					42					81				
4					43					82				
5					44					83				
6					45					84				
7					46					85				
8					47					86				
9					48					87				
10					49					88				
11					50					89				
12					51					90				
13					52					91				
14					53					92				
15					54					93				
16					55					94				
17					56					95				
18					57					96				
19					58					97				
20					59					98				
21					60					99				
22					61					100				
23					62					101				
24					63					102				

25				64				103				
26				65				104				
27				66				105				
28				67				106				
29				68				107				
30				69				108				
31				70				109				
32				71				110				
33				72				111				
34				73				112				
35				74				113				
36				75				114				
37				76				115				
38				77								
39				78								

Оцінка показника фенотипової подібності (r) популяцій 1 та 2 за досліджуваними ознаками (n)

Номер ознаки	Популяція 1	Популяція 2	r_n	S_r
1			r_1	
2			r_2	
115			r_{115}	
$r_{сер}$				

Нижче наводиться матриця для п'яти пар. Побудуйте матрицю усереднених показників подібності для порівнюваних популяцій, яку використайте для побудови дендрограми кластерного аналізу.

Матриця фенотипової подібності порівнюваних популяцій

	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

Зробіть висновки про ознаки з найвищим і найнижчим рівнем різноманітності для кожної з досліджуваних популяцій і про подібність їх фенотипової структури.



Внутрішньопопуляційне різноманіття та фенотипова подібність людських популяцій за кольором волосся та очей

Враховуючи, що колір волосся й очей характеризується ширшою гамою різноманіття фенотипових класів, у межах селітебної території, проведіть дослідження за цими показниками. Відповідно до особливостей зовнішності досліджуваного виберіть одну з ознак.

У досліджуваній популяційній вибірці розрахуйте частку різних фенотипових класів за кольором волосся й очей. Користуючись запропонованим тестом, по кожній з ознак у досліджуваній популяційній вибірці за кольором волосся можна виділити сім фенотипових класів, а за кольором

очей – вісім. Абсолютну кількість особин по кожному з фенотипових класів та розраховану для них частку (у долях одиниці) занесіть у таблицю. У цю ж таблицю внесіть значення показника внутрішньопопуляційної різноманітності μ , запропонованого Л.А. Животовським (1982).

Частота зустріваності особин з різним кольором волосся й очей у досліджуваній популяційній вибірці

Колір волосся		μ
каштановий		
темно-русий		
світло-русий		
чорний		
попелясто-білий		
жовтувато-білий		
рудий		
Колір очей		μ
голубий		
синій		
сірий		
зелений		
світло-карий		
темно-карий		
чорний		
жовтий		

Виділіть ознаки, які характеризуються найвищим і найнижчим рівнем різноманітності в межах досліджуваної популяції.

Визначте середнє значення показника μ для даної популяції. Порівняйте фенотипову структуру

ру популяційних вибірок досліджуваних населених пунктів за різними ознаками, використовуючи показник подібності g .

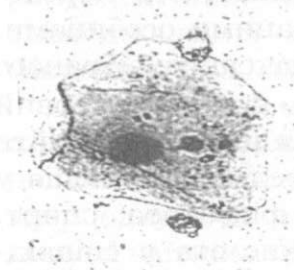
Ті популяції, які характеризуються найменшими значеннями сумарного та усередненого показників біорізноманіття, заслуговують на особливу увагу як такі, що характеризуються високою генетичною замкненістю та пониженою стійкістю до навколишнього середовища.



Оцінка рівня генетичної стабільності людських популяцій за мікроядерним індексом

Мікроядра – це невеличкі структури округлої форми, які виявляються в цитоплазмі клітин і мають колір, аналогічний ядру при забарвленні ядерними барвниками.

Утворюються мікроядра з ацентричних фрагментів або відстаючих цілих хромосом унаслідок порушення ахроматинового веретена. Більшість



дослідників вважають, що верхня межа розмірів мікроядер $\frac{1}{4}-\frac{1}{5}$ діаметра ядра клітин. Визначення частоти зустріваності клітин із мікроядрами, або мікроядерного індексу ($I_{мя}$), є широко розповсюдженим експрес-

методом оцінки мутагенної дії довкілля. Упровадження даного методу в практику біоіндикації пов'язують з іменем В.Шміда (W.Schmid). Саме він започаткував застосування мікроядерного тесту для дослідження мутагенності різних агентів *in vivo*. Цей метод не поступається за чутливістю метафазному або анафазному аналізу, проте значно менш працемісткий. Мікроядерний індекс букального епітелію (клітин слизової оболонки ротової порожнини) зручний у зв'язку з доступністю матеріалу. Його можуть застосовувати у дослідженнях біоекології без залучення медичного персоналу, оскільки цей спосіб забору матеріалу не відноситься до інвазійних методів. Здебільшого мікроядерний індекс визначають у дітей, оскільки їх спадковий матеріал більш чутливий до несприятливих чинників. Крім того, серед дітей не в такій мірі поширене паління, яке може підвищувати відсоток клітин із мікроядрами.

Візьміть зіскоб із внутрішньої сторони порожнини рота (з внутрішнього боку лівої та правої щік, а потім з нижньої губи). Зробіть кілька відбитків на предметному склі, висушіть. Паличку віддайте дитині, щоб вона сама її викинула. Цим Ви продемонструєте як дитині, так і її батькам, що даний спосіб виключає можливість перенесення інфекцій між досліджуваними особинами. Тепер проведіть попередню фіксацію зібраного матеріалу: помістіть скельця в 96° етиловий спирт на 15 хв. Висушіть. Після цього застосуйте основну фіксацію: помістіть предметні скельця у фіксатор на 1,5-2 год. Склад фіксатора: спирт, хлороформ і льодяна оцтова кислота у співвідношенні 6:1:1.

Після основної фіксації матеріал знову *висушіть*. Тепер *фарбуйте* ацетоорсеїном або ацетокарміном (1%-й розчин орсеїну або карміну в 45%-й оцтовій кислоті) протягом 15 хв. *Висушіть*. Мікроядра аналізуйте під мікроскопом типу МБИ-11 при збільшенні 700х. *Підрахуйте* кількість клітин із мікроядрами та загальну кількість клітин. При підрахунку використовуйте метод паличок (клітини з одним мікроядром позначайте - 1¹ клітини з двома мікроядрами позначте 1², з трьома - 1³ і т.д., а клітини без мікроядер - |). Перегляньте всі клітини в полі зору мікроскопа, запишіть одержані результати, потім перемістіть препарат в інше поле зору. Для розрахунків зручно, коли загальна кількість клітин дорівнює 1000 на кожного індивіда. Підрахуйте кількість клітин з мікроядрами і кількість мікроядер у них.

Мікроядерний індекс розрахуйте за формулою:

$$I_{\text{мя}} = \frac{n}{N} \cdot 100 \text{ , де}$$

$I_{\text{мя}}$ – мікроядерний індекс;
 n – кількість клітин з мікроядрами;
 N – загальна кількість клітин.

Розрахуйте **середню кількість мікроядер (МЯ)** в клітинах з мікроядрами, вирахувавши її як співвідношення загальної кількості виявлених мікроядер до кількості клітин з мікроядрами.

Підрахуйте **частоту клітин з різною кількістю мікроядер** ($U_{\text{мя}1}$, $U_{\text{мя}2}$ і т.д.) як співвідношення кількості клітин з n -ою кількістю мікроядер (одним, двома, трьома і т.д.) до загальної кількості клітин з мікроядрами.

Показник пошкодження генетичного матеріалу в досліджуваній реперній точці оцініть за методикою А.І. Горової. Для цього визначте такі показники:

П_{комф} – фонове значення мікроядерного індексу для даного фізико-географічного району. Це найменше середнє значення **I_{МЯ}** серед досліджених Вами реперних точок даного фізико-географічного району.

П_{кр} – критичне значення **I_{МЯ}** для даного фізико-географічного району. Це найбільше середнє значення **I_{МЯ}** серед досліджених Вами реперних точок даного фізико-географічного району.

П_i – середнє значення мікроядерного індексу в дітей конкретної реперної точки.

ППГ – показник пошкодження генетичного матеріалу в конкретній реперній точці, який розрахуйте за формулою:

$$ППГ = \frac{(P_i - P_{комф})}{P_{крит} - P_{комф}}$$

Оцініть рівень пошкодження генетичного матеріалу за шкалою А.І. Горової:

Рівень пошкодження генетичного матеріалу

№ п/п	ППГ	Рівень пошкодження генетичного матеріалу
1	0,00 - 0,15	Низький
2	0,16 - 0,30	Нижче середнього
3	0,31 - 0,45	Середній
4	0,46 - 0,60	Вище середнього
5	0,61 - 0,75	Високий
6	0,76 - 1,00	Максимальний

Провівши дослідження за мікроядерним індексом у певній точці досліджень проаналізуйте величину даного показника та рівень закритості чи відкритості популяції людини за тестом «Словесний портрет».



Оцінка стійкості популяцій деревних рослин за інтегральним показником стабільності розвитку

Для біоіндикаційних досліджень важливий вибір модельного об'єкта. Серед деревних рослин на особливу увагу у цьому плані заслуговують робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.) та представники роду вільха (*Alnus* L.) – види, які все ширше застосовуються в озелененні урбо-екосистем для укріплення зсувних територій та для поліпшення виснажених міських ґрунтів як азотфіксатори.

Починати збір матеріалу необхідно по завершенні інтенсивного росту листків, що приблизно відповідає кінцю травня – початку червня і до їх опадання восени.

Під час збирання матеріалу дотримуйтесь наступних правил:

- ✓ вибірки здійснюйте з рослин, які знаходяться в подібних екологічних умовах за рівнем освітленості, вологості тощо. Наприклад, одна з вибірок не повинна знаходитися на галявині, а інша – у лісі.;

- ✓ для аналізу використовуйте лише середньовікові рослини, уникаючи молодих та старих екземплярів;
- ✓ вибірку листків здійсніть з десяти близько розміщених дерев – по 10 листків з кожного, разом 100 листків з однієї точки. Необхідно взяти трохи більше – на випадок потрапляння пошкоджених листків.;
- ✓ листки потрібно відбирати з нижньої частини крони, на рівні піднятої руки, з максимальної кількості доступних гілок (намагаючись використати гілки різних напрямків, умовно – на південь, північ, захід, схід);
- ✓ намагайтеся відбирати листки приблизно однакового середнього для досліджуваного виду розміру.

У дослідженнях можна використовувати пошкоджені листки, якщо не зачеплені ділянки, з яких будуть зніматися значення промірів. Листки з одного дерева зв'яжіть ниткою за черешки.

Кожну вибірку позначте етикеткою, на якій вкажіть дату та місце збору (зробивши максимально детальну прив'язку на місцевості). Якщо обробити зібраний матеріал неможливо одразу, то помістіть його в холодильник (термін зберігання – тиждень). Для довшого зберігання застосуйте фіксатор – спирт, розведений на одну третину гліцерином чи водою.

Оцінку здійсніть за п'ятьма показниками (рис.3.). З кожного листка зніміть показники п'яти промірів зліва і справа. Результати вимірювань занесіть в окрему таблицю для кожного досліджуваного біотопу.

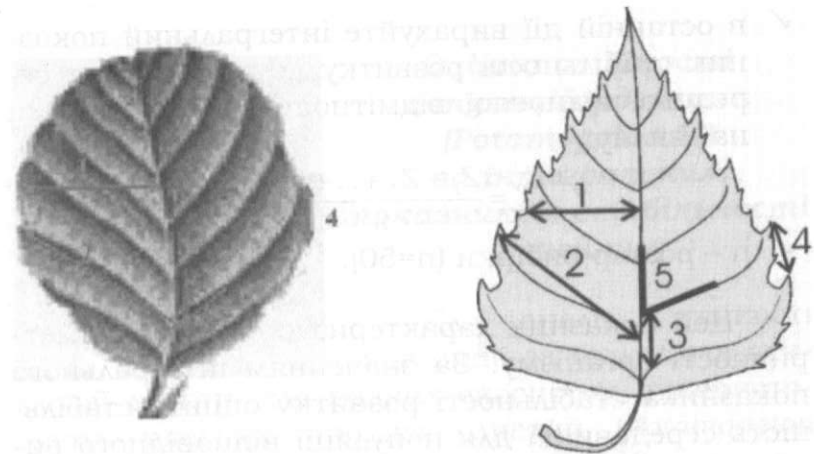


Рис.3. Параметри, що вимірюються для визначення індексу флюктууючої асиметрії [Захаров В.М, 1986]: 1 – ширина половинки листка; 2 – довжина другої жилки другого порядку; 3 – відстань між основами першої та другої жилок другого порядку; 4 – відстань між кінцями цих жилок; 5 – кут між головною жилкою і другою від основи жилкою другого порядку.

Далі проведіть обчислення в такій послідовності:

- ✓ для всіх проміряних листків вирахуйте відносні величини асиметрії (Y) за кожною ознакою. Для цього різницю між промірами зліва (L) і справа (R) поділіть на суму цих промірів:

$$Y = \frac{L - R}{L + R}$$

- ✓ далі вирахуйте показник асиметрії (Z) для кожного листка. Для цього сумуйте значення відносних величин асиметрії по кожній ознаці і поділіть на число ознак (в нашому випадку – 5):

$$Z = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{N}$$

- ✓ в останній дії вирахуйте інтегральний показник стабільності розвитку (X) – величину середньої відносної відмітності між сторонами на ознаку:

$$X = \frac{Z_1 + Z_2 + \dots + Y_n}{n}, \text{ де}$$

- ✓ n – розмір вибірки (n=50).

Цей показник характеризує ступінь асиметричності організму. За значенням інтегрального показника стабільності розвитку оцініть стабільність середовища для популяції відповідного виду, використовуючи розроблену для цього п'ятибальну шкалу відхилень від норми (В.М. Захаров, Є.Ю. Кирсанов, 1996 р.).

Оцінка стабільності середовища

Бали	Інтегральний показник стабільності розвитку	Стабільність середовища
1	< 0,040	сприятливі умови для росту та розвитку рослин
2	0,040 – 0,044	слабкий вплив несприятливих факторів на рослині організми
3	0,045 – 0,049	середній вплив несприятливих факторів на рослині організми
4	0,050 – 0,054	сильний вплив несприятливих факторів на рослині організми
5	> 0,054	критичні умови для росту і розвитку рослин



Оцінка стійкості популяції рдесника (Potamogeton L.) за інтегральним показником стабільності розвитку

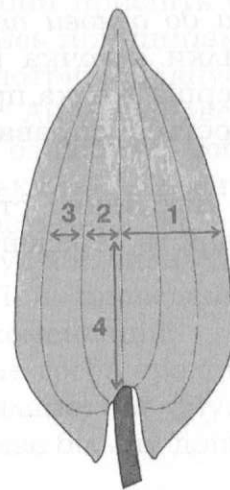
Для аналізу стійкості популяції за індексами асиметрії листків для водних екосистем використовують рдесник пронизанолистий (*Potamogeton perfoliatus* L.) та рдесник плаваючий (*Potamogeton natans* L.) У дослідженнях можуть бути використані і інші водні та навколоводні рослини з дуговим жилкуванням.

Починати збір матеріалу необхідно по завершенню росту листків, що приблизно відповідає початку червня. Вибірки потрібно здійснювати у подібних екологічних умовах за рівнем освітлення території.

Вибірку листків проведіть на площі 1 м². Для аналізу використовуйте 30 непошкоджених листків. Пошкоджені листки можуть випростовуватися в дослідженнях, якщо недеформовані ділянки, з яких будуть зніматися проміри.

Зберігати зібрані для аналізу листки можна, як описано у попередній роботі.

Вимірювання за всіма ознаками проводять справа і



зліва від центральної жилки. Показники за промірами 1, 2 та 3 зніміть посередині листкової пластинки.

Ширина листкової пластинки вимірюється від центральної жилки до краю листка справа і зліва. Для зручності вимірювань складіть листок навпіл, при цьому сумістіть верхівку листка з його основою. У такому випадку лінія перегину буде вважатися серединою листкової пластинки.

Відстань від центральної до першої жилки. Умовно першою вважається найближча до центральної, яскраво виражена жилка, яка виявляється при просуванні у напрямку від центральної жилки до краю листкової пластинки посередині листка. Наступні за першою яскраво виражені жилки будуть подалі визначатися як друга, третя і т.д..

Відстань між першою і другою жилками вимірюється посередині листка, справа та зліва.

Віддаль від середини листка до основи першої жилки. Основою першої жилки є точка на головній жилці, з якої виростає перша жилка при крайовому рості листка. Вимірюється справа і зліва.

За значенням інтегрального показника стабільності розвитку оцініть стабільність середовища для відповідної популяції



**Оцінка стійкості
популяції жаби їстівної
(*Pelophylax kl. esculentus*
LINNAES, 1758)
за інтегральним
показником стабільності
розвитку**

Для аналізу відберіть особини віком не менше одного року, оскільки більшість морфологічних ознак, які використовуються для розрахунку індексу флуктуючої асиметрії, формуються і не піддаються подальшим віковим змінам лише на момент досягнення цього віку. Всі особини кожної вибірки мають мати приблизно однакові розміри. Обсяг вибірки повинен становити 20 особин.

Працюйте зі свіжовідловленим матеріалом. За несприятливих погодних умов відловлених особин приспіть ефіром. В обох випадках, керуючись принципами біоетики, тварин після аналізу потрібно відпустити.

Аналіз проведіть винятково за меристичними ознаками, тобто ознаками, які виражаються кількістю елементів. Ці ознаки, на відміну від пластичних, не потребують вимірювань, що зменшує час впливу дослідника на тварин.

При проведенні аналізу дотримуйтеся таких рекомендацій:

- ✓ не треба враховувати дуже дрібних плям;
- ✓ пляма від смуги відрізняється тим, що смуга має більшу довжину, ніж ширину в 2 рази;

**Шкала оцінки стабільності розвитку
земноводних за інтегральним
показником асиметрії**

Бали	Величина показника стабільності розвитку	Рівень стабільності розвитку
1	<0,50	Умовно нормальний
2	0,50-0,54	Невеликі відхилення від нормального
3	0,55-0,59	Суттєві порушення
4	0,60-0,64	Небезпечні порушення
5	>0,64	Критичний стан

**Приклад розрахунку I_A
для *Pelophylax lessonae* Camerano
з використанням меристичних ознак**

№ особи	Номер ознаки						Показник	
	1	2	3	4	5	6	A	A/n
	п л	п л	п л	п л	п л	п л		
1	1-0	0-1	1-1	1-1	2-2	1-1	2	0,33
2	2-1	1-0	1-3	1-1	3-2	0-1	5	0,83
3	1-2	1-1	2-2	1-1	2-1	1-1	2	0,33
4	1-1	1-1	2-4	1-1	2-3	1-1	2	0,33
5	1-1	1-1	1-1	1-1	1-1	1-0	1	0,17
6	1-1	1-1	1-3	0-1	1-1	0-1	3	0,50
7	1-1	1-1	1-2	1-2	1-1	0-1	3	0,50
8	1-0	0-0	1-1	1-1	0-0	1-1	2	0,33
9	1-1	1-1	1-1	1-1	1-1	0-0	0	0
10	0-1	1-1	1-1	1-1	1-2	2-1	4	0,67
Середня частота асиметричного прояву на ознаку							0,4±0	,07

Примітка. п, л – кількість ознак справа і зліва відповідно.



**Оцінка віталітетного
складу та віталітетного
типу ценопопуляцій за
методом Ю.А.Злобіна**

Поняття «життєвість» введено в геоботаніку на початку минулого століття для позначення відповідності виду навколишньому середовищу (Braun-Blanquet, Pavillard, 1925; Алехин, 1938). Параметрами життєвості вважають показники габітусу, маси, розвитку репродуктивної сфери репрезентативної вибірки особин.

На базі інформації про рівень життєвості кожної конкретної особини відкриваються можливості розкриття віталітетного складу популяцій і оцінки їх стану за співвідношенням особин різного віталітету. Ще в 1920 р. В.М. Любіменко писав, що в природних умовах кожен вид представлений зборами індивідумів з неоднаковою життєвістю. Тому віталітетний спектр ценопопуляції є однією з найважливіших популяційних характеристик.

У ценопопуляційних дослідженнях аналіз віталітетного складу ценопопуляцій має широкі перспективи. Такий підхід до складу популяцій має цілий ряд переваг:

- ✓ він є первинним відносно змін віку або генотипу рослин, оскільки віталітет особин при змінах еколого-ценотичного режиму змінюється в першу чергу;

- ✓ найбільше придатний для вивчення ролі окремих еколого-ценотичних факторів у житті ценопопуляцій,
- ✓ дозволяє вивчати склад ценопопуляцій незалежно від їх вікової структури.

Методика оцінки віталітетного складу популяцій нескладна. Набір значень того чи іншого параметра, який використовується при вивченні життєвості особин, являє собою статистичний ряд. У ході аналізу його перетворюють і представляють у вигляді віталітетного спектра ценопопуляцій.

1. Виберіть вибірку особин з досліджуваної ценопопуляції. При цьому вибірка повинна бути репрезентативною за своїм обсягом щодо відповідної популяції. Мінімальний обсяг вибірки для оцінки особин визначте за тим морфоструктурним параметром, що характеризується найбільшою зміною.

2. Оцініть значення морфоструктурних, ростових і продукційних кількісних **параметрів для кожної особини окремо**. Для первинного вивчення нового досліджуваного виду рослини відповідно до прийнятої класифікації морфопараметрів рекомендується використовувати 23-30 статичних і динамічних параметрів. Цей етап завершіть складанням матриці первинних даних.

3. Сформуйте матрицю коефіцієнтів кореляції на основі R-техніки, тобто перебором матриці вихідних даних за схемою ознака-ознака. Як міру зв'язку застосуйте парний коефіцієнт кореляції. Матриця кореляцій симетрична, тому заповніть тільки одну її частину, що лежить вище або нижче головної діагоналі.

4. Знайдіть для кореляційної матриці її факторне рішення. Результати факторного аналізу дозволяють ранжувати ознаки за розміром їх внеску у факторне рішення. Для оцінки віталітету використовуйте **ознаки з найбільшими факторними навантаженнями**. Проте повна формалізація процедури на цьому етапі вже неможлива. Необхідно враховувати біолого-екологічні властивості видів. При інтерпретації факторного рішення його корисно порівнювати з кореляційними плеядами, одержаними для тієї ж кореляційної матриці. Склад детермінуючого віталітетного комплексу ознак не однаковий для різних видів і різних екологічних ситуацій. Але здебільшого ключовими ознаками віталітету є фітомаса та листова поверхня. Ознаки генеративної сфери виступають як самостійна група.

5. Подайте графічне представлення факторного рішення та кореляційних плеяд морфометричних ознак. Відзначте параметри, які у факторному рішенні мають найбільші навантаження. Факторне рішення та кореляційні плеяди базуються на одній і тій же кореляційній матриці, але вони не копіюють один одного, а доповнюють, сприяючи прийняттю найбільш змістовних висновків з біологічного погляду.

6. На основі детермінуючого віталітетного комплексу морфометричних ознак кожній особині присудіть той чи інший **ранг віталітету – ранг якості**. Оскільки оцінки віталітету за своєю природою є кількісними, виявляється можливим ранжувати особини в порядку убавання їх якості, а потім розподіляти за класами віталітету: перший (вищий) – а, другий (проміжний) – б та третій

(нижчий). Для цього розрахуйте середнє арифметичне для загальної сукупності вибірок даної цено- або екокліни, а потім згрупуйте особини так, щоб ті з них, які попадають в інтервал $>x+tsx$, склали вищий клас віталітету, в інтервал $x+tsx$ – проміжний клас, а в інтервал $<x+tsx$ – нижчий клас. Побудуйте **віталітетні спектри ценопопуляції** досліджуваного виду.

Найпоширеніші статичні метричні морфометричні параметри

Найменування	Умовні позначення	Розмірність
Загальна фітомаса рослини	W	г
Фітомаса листя	W_L	г
Фітомаса репродуктивних органів	W_G	г
Фітомаса коренів	W_{Rd}	г
Фітомаса стебел	W_S	г
Фітомаса окремого листка	w_L	г
Фітомаса окремого плода	w_{Fr}	г
Фітомаса окремого насіння	w_{Sm}	г
Площа листя рослини	A	см ²
Площа окремого листка	a_L	см ²
Площа поверхні коренів	A_{Rd}	см ²
Число листків	N_L	шт
Товщина листової пластинки	S	мм
Число квіток	N_{Fl}	шт
Число плодів	N_{Fr}	шт
Число суцвіть	N_I	шт
Число бічних гілок	B	шт
Висота рослини	h	см
Діаметр стебла	d	см
Загальне число метамерів	N_M	шт
Довжина метамера	I	см

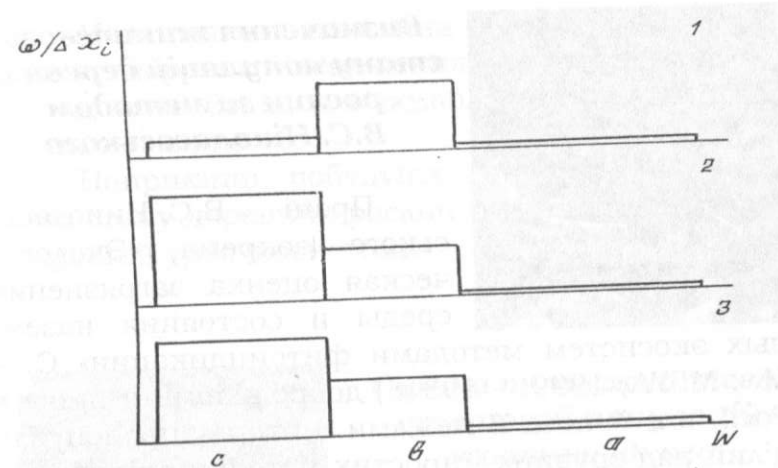
Найпоширеніші статичні аллометричні морфометричні параметри

Найменування	Формула	Розмірність
Площа листя на одиницю фітомаси	$LAR = \frac{A}{W}$	см ² /г
Питома поверхня	$S_0 = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{W}}$	см/г
Площа листя на одиницю фіто маси листя	$SLA = \frac{A}{W_L}$	см ² /г
Вага коренів на одиницю фітомаси	$RWR = \frac{W_{Rd}}{W}$	г/г
Фотосинтетичне зусилля (вага листя на одиницю фітомаси)	$LWR = \frac{W_L}{W}$	г/г
Вага стебел на одиницю фітомаси	$SWR = \frac{W_S}{W}$	г/г
Відношення площі листя до діаметра стебла	$ADR = \frac{A}{d}$	см ² /см
Відношення висоти рослини до діаметра стебла	$HDR = \frac{h}{d}$	см/см
Відносний приріст по висоті	$HWR = \frac{h}{W}$	см/г
Щільність суцвіття	$P = \frac{N_{Fl}}{l_{Fl}}$	шт/см
Репродуктивне зусилля	$RE_1 = \frac{W_G}{W} \cdot 100$	%

	$RE_2 = \frac{W_G}{A} \cdot 100$	%
	$RE_3 = \frac{N_{Sm}}{W}$	шт./г
	$RE_4 = \frac{N_{Sm}}{A}$	шт./см ²

Найбільш розповсюдженні динамічні метричні морфометричні параметри

Найменування	Формула	Розмірність
Абсолютна швидкість росту	$RGR = (W_2 - W_1) \cdot \Delta T$	г/день
Абсолютна швидкість формування поверхні листя	$AGR = (A_2 - A_1) \cdot \Delta T$	см ² /день
Відносна швидкість росту	$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) \cdot \Delta T$	г/г/день
Відносна швидкість формування поверхні листя	$RGR_A = (\ln A_2 - \ln A_1) \cdot \Delta T$	см ² /см ² /день
Тривалість існування листя	$LAD_1 = \frac{A_2 - A_1}{\ln A_2 - \ln A_1} \cdot \Delta T$	см ² /день
	$LAD_2 = \frac{A_2 - A_1}{2} \cdot \Delta T$	
Тривалість існування фітомаси	$BMD_1 = \frac{W_2 - W_1}{\ln W_2 - \ln W_1} \cdot \Delta T$	г/день
	$BMD_2 = \frac{W_2 - W_1}{2} \cdot \Delta T$	



Віталітетні спектри ценопопуляцій часничниці черешкової в трьох фітоценозах за Ю.А.Злобіним

Визначте **віталітетний тип популяцій** за індексом якості «Q»: $Q = \frac{1}{2} (a+b)$, при цьому керуйтеся наступними критеріями:

- ✓ **процвітаючі ценопопуляції** характеризуються переважанням особин першого (a) класу віталітету. Критична умова їх виокремлення $Q = \frac{1}{2} (a + b) > c$.
- ✓ **рівноважні ценопопуляції** характеризуються рівністю зустріваності особин віталітетних класів "a", "b" і "c". Для них $Q = \frac{1}{2} (a + b) = c$.
- ✓ **депресивні ценопопуляції** характеризуються переважанням особин третього (c) класу віталітету. Критичне умова їх виділення $Q = \frac{1}{2} (a + b) < c$.



Визначення життєвого стану популяції деревних рослин за методом В.С. Ніколаєвського

Праці В.С. Ніколаєвського (зокрема, «Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации» С. – М. : МГУЛ, 1999. – 193 с.) добре відомі не лише в Росії, але й поза її межами. Автор запропонував цілий ряд зручних і простих методик оцінки стану деревних рослин, які здобули статусу уніфікованих. Серед них методика оцінки життєвого стану популяції деревних рослин, яка розглядається в даній роботі. Нею користуються не лише екологи, але й фізіологи рослин та спеціалісти садово-паркового господарства. Підтвердження цьому – високий рівень посилань на зазначену методику в публікаціях різних авторів.

Для досліджень життєвого стану (ЖС) популяції рослин одного виду відберіть 30 модельних дерев і оцінити їх за такими параметрами:

- 1) частка живих (P_1) гілок у кроні (10 % = 1 бал);
- 2) частка облісненості (P_2) крони (10 % = 1 бал);
- 3) частка живого (без некрозів) листя (P_3) у кронах (10 % = 1 бал);
- 4) середня частка (P_4) живої площі листка (10 % = 1 бал).

Сумарну оцінку життєвого стану популяції відповідного виду визначте за формулою:

$$\text{ЖС} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4.$$

Максимальна величина життєвого стану дерев у здорових насадженнях становить за цим методом 40 балів, а в ослаблених, хворих і уражених – менше 40.

Наприкінці, побудуйте спадний ряд життєвого стану деревних рослин різних видів у досліджуваній урбоекосистемі.



Оцінка типу життєвої стратегії популяції жовтцю їдкою (*Ranunculus acris* L.)

Тип життєвої стратегії рослин, як показали Мак-Артур, Уїлсон, Шиффер, Піанка видоспецифічний і визначається генотипом. Саме генотип контролює розподіл енергії між двома ланками – на розмноження (тобто розвиток потомства) чи на підтримання (тобто на власний розвиток організму). Залежно від того, як розподіляється енергетичний потенціал між цими ланками, види поділяються на три групи:

- ✓ **k-стратегію** (види з конкурентною стратегією) – це види, які зустрічаються у місцезростаннях зі стабільними умовами та достатньою кількістю ресурсів. Вони більше енергії затрачають на вегетативну сферу (стебло, листя);
- ✓ **r-стратегію** (види з рудеральною стратегією) – види, які першими займають порушені місцезростання й активно продукують генератив-

ну сферу (квіти, насіння); проте ці види поступаються k-стратегам при стабілізації умов;

- ✓ **s-стратегу** (види зі стрес-толерантною стратегією): – види сурових місцезростань зі стабільно несприятливими умовами існування.

Незважаючи на те, що переважна більшість видів мають визначений, чітко детермінований тип життєвої стратегії, деякі види можуть мати проміжний тип стратегії. Уперше існування таких видів описав Дж. Грайм у праці “Vegetation classification by reference to strategies” у журналі “Nature” (1974).

Дж. Грайм виявив види з багатовекторною стратегією; багатовекторних стратегів описали й інші автори. Солбриг уперше звернув увагу на те, що здатністю виявляти різні типи життєвої стратегії володіють широко розповсюджені види рослин. Ця здатність і зумовлює їх широке розповсюдження в різних ареалах. Автор проілюстрував їх на прикладі екологічної пластичності кульбаби (*Taraxacum officinale* L.). Саме на цій здатності ґрунтується модифікована нами методика кількісного визначення життєвої стратегії рослин, яка з успіхом може бути використана для біоіндикаційних досліджень. При розробці запропонованої методики ми керувались описаними нижче принципами:

- ✓ Лише розповсюджені рослини мають здатність виявляти усі три типи життєвої стратегії, що дозволяє їм з успіхом пристосовуватись до K-, r- та s-селективних середовищ.
- ✓ Серед розповсюджених рослин перевагу при біоіндикаційних дослідженнях потрібно надати видам із розтягнутим річним життєвим цик-

лом. До їх числа відноситься **жовтець їдкий** (*Ranunculus acris* L.), у якого бутонізація, цвітіння та плодоношення поєднуються у часі на одній рослині.

- ✓ Для кількісного визначення життєвої стратегії рослин необхідно підібрати таку методику, яка дозволила б подолати розмірність біометричних показників. Таку можливість дає рейтингова система оцінок.
- ✓ Для кожної природної зони характерні різні, детерміновані природними екологічними факторами, максимумами прояву життєвих потенцій біоіндикатора. Тому виявлення негативних джерел антропогенного впливу слід проводити, відштовхуючись від еталонних зон відповідної урбоєкосистеми.

s-стратегія розповсюджених рослин розглядається нами як показник небезпечного рівня антропоїчної трансформації довкілля. При цьому ми виходили з того, що до звичайної природної сукцесії розповсюджені рослини мають можливість пристосовуватися обранням r-стратегії. Обрання ними s-стратегії свідчить про необхідність значних витрат енергії на адаптаційні механізми.

Рослини відберіть у різних екосистемах. При цьому в моніторинговій точці відберіть по 25 екземплярів рослин для гербарію, викопуйте їх з кореневищем, плодами та квітами.

Зусилля, затрачені рослинами на підтримання життєздатності, визначте за такими морфометричними параметрами як **загальна довжина рослин** та **кількість листків** на одній рослині. Довжину рослин визначте в розпрямленому стані

за допомогою циркуля-вимірювача від найвищої точки надземної частини до кінчика кореневища.

Зусилля, затрачені рослинами на розмноження, визначте за **кількістю квітів і насіння** на одній рослині.

На основі абсолютних показників визначте середні значення вищезазначених параметрів жовтцю їдкою для кожного з пунктів спостережень. Усереднені значення округліть до цілих цифр. Визначте часткові рейтинги рослин різних місцезростань за їх середньою довжиною (ЧР_{др}), за середньою кількістю листків (ЧР_{кл}), за середньою кількістю насіння (ЧР_{кн}) та за середньою кількістю квітів на одній рослині (ЧР_{кк}). Розрахунки часткових рейтингів проведіть за формулою:

$$\text{ЧР}_{\text{др}}, \text{ЧР}_{\text{кл}}, \text{ЧР}_{\text{кн}}, \text{ЧР}_{\text{кк}} = \frac{P_i - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}}, \text{ де}$$

P_i – середнє значення показника для конкретного місцезростання;

P_{\min} – мінімальне значення показника;

P_{\max} – максимальне значення показника.

Часткові рейтинги оцініть у долях одиниці. При цьому, якщо $P_i = P_{\min}$, то ЧР=0, якщо $P_i = P_{\max}$, то ЧР=1. Дані щодо часткових рейтингів занесіть у таблиці 26-28.

Далі визначте інтегральні рейтинги зусиль на підтримання ($IP_{зп}$) та на розмноження ($IP_{зр}$) за такими формулами:

$$IP_{зп} = \frac{\sum(\text{ЧР}_{\text{кл}} + \text{ЧР}_{\text{др}})}{2}, \quad IP_{зр} = \frac{\sum(\text{ЧР}_{\text{кн}} + \text{ЧР}_{\text{кк}})}{2}$$

При визначенні типу життєвої стратегії рослин нами запропоновано такий принцип:

- якщо $IP_{зп} \geq 0,5$ і $IP_{зп} > IP_{зр}$, то це К-стратегія;
- якщо $IP_{зр} \geq 0,5$ і $IP_{зр} > IP_{зп}$, то це r-стратегія;
- якщо $IP_{зп} < 0,5$ і $IP_{зр} < 0,5$, то це s-стратегія.

Крім життєвої стратегії, визначте інтегральний рейтинг життєвих зусиль ($IP_{жз}$), який оцініть як суму зусиль на підтримання та на розмноження:

$$IP_{жз} = IP_{зп} + IP_{зр}.$$

Часткові рейтинги рослин *Ranunculus acris* L. з різних місцезростань за показниками зусиль на підтримання (n=25)

№ п/п	Місцезростання біоіндикатора	Середня довжина рослини, см	ЧР _{др}	Середня кількість листків на одній рослині	ЧР _{кл}

Часткові рейтинги рослин *Ranunculus acris* L. з різних місцезростань за показниками зусиль на розмноження (n=25)

№ п/п	Місцезростання біоіндикатора	Середня кількість насіння на одній рослині	ЧР _{дн}	Середня кількість квітів на одній рослині	ЧР _{ккв}

Інтегральні рейтинги та тип життєвої стратегії рослин *Ranunculus acris* L. у різних місцезростаннях

Місцезростання біоіндикатора	IP _{зп}	IP _{зр}	Тип життєвої стратегії	IP _{жз}

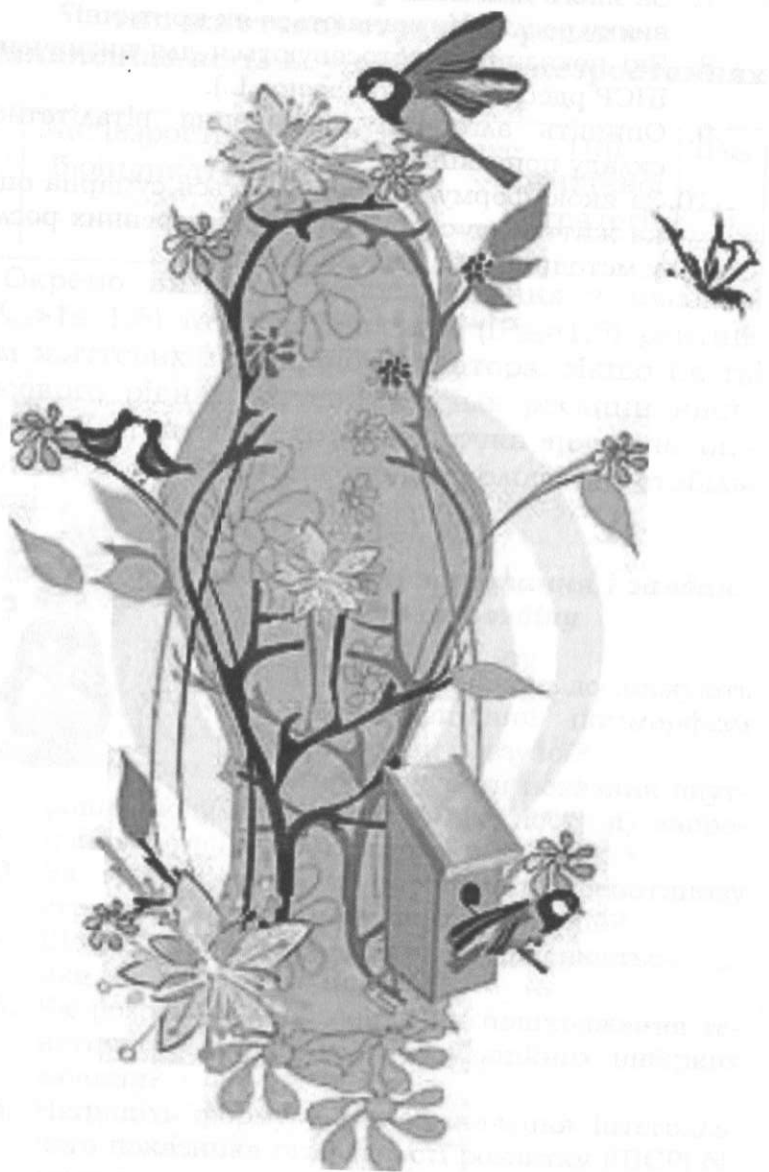
Окремо визначте місцезростання з високим (IP_{жз} > 1 ≤ 1,5) та дуже високим (IP_{жз} > 1,5) рейтингом життєвих зусиль біоіндикатора. Якщо на тлі високого рівня життєвих зусиль рослини виявляють К-стратегію, то дана точка повинна оцінюватись як еталонна щодо екологічної стабільності.



Контрольні запитання і завдання до розділу

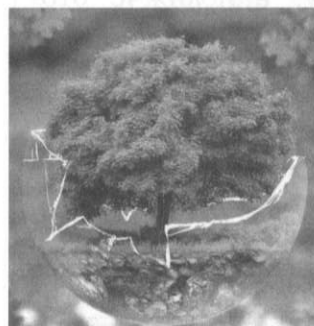
1. За якою ознакою досліджують міжпопуляційний поліморфізм конюшини повзучої?
2. Як розрахувати показник внутрішньопопуляційної різноманітності μ , запропонованого Л.А. Животовським (1982)?
3. За якою формулою порівнюють фенотипову структуру вибірок людських популяцій?
4. Що таке мікроядра? Для чого здійснюється оцінка мікроядерного індексу?
5. Як розраховується показник пошкодження генетичного матеріалу в популяційних вибірках людини?
6. Напишіть формулу для визначення інтегрального показника стабільності розвитку (ІПСР) білатеральних організмів.

7. За якого значення ІПСР умови для росту і розвитку рослин визначаються як критичні?
8. Які показники застосовуються для визначення ІПСР рдесника (*Potamogeton* L.).
9. Опишіть алгоритм визначення віталітетного складу популяцій.
10. За якою формулою здійснюється сумарна оцінка життєвого стану популяцій деревних рослин у методиці В.С. Николаєвського?



СИНЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Як визначити рівень видового багатства та різноманіття, виміряти ступінь подібності угруповань – питання, які належить дослідити студентам протягом лабораторних занять, присвячених цьому розділу екології



Методологічні аспекти вивчення фітоценозів

Фітоценоз – складова біогеоценозу, в якій протікають основні процеси утворення та перетворення органічної речовини. Кожен фітоценоз характеризується певним набором ознак, з яких найважливіші: видовий (флористичний) склад; кількісні та якісні взаємовідносини між рослинами; структура фітоценозу – вертикальне та горизонтальне розчленування; характер місця існування – середовище існування фітоценозу.

Неоднорідність фітоценозів зумовлюється едафічними чинниками (сукупність фізичних і хімічних властивостей ґрунту), епізодичними (випадковими), ценобіотичними (властивості самого фітоценозу), особливостями розмноження окремих видів, зоогенними й антропогенними чинниками.

Для отримання характеристики фітоценозу використовують геоботанічні описи угруповань. Для цього на досліджуваній території закладають ділянки (від 1 до 25 м²).

Бланк опису фітоценозу

Показник	Опис
Загальна характеристика	
Місцезнаходження	Визначення точних координат; віддаль і напрямок до населеного пункту; найближче оточення (антропогенні та природні об'єкти); характер використання
Розміщення в рел'єфі	Співвідношення місцезнаходження до найближчих постійних водотоків: водорозділ, схил, заплава; назва водного об'єкту, віддаль до водного об'єкту.
Характеристика екоотопу	
Форма рел'єфу	Рівнинна (ухил не більше 0,5°); схили (до 200 м відносної висоти); гори (висота більше 500 м); схил: пологий (ухил 2-7°), поилый (7-15°), крутий (15-45°), урвистий (більше 45°).
Опис макро- та мікрорел'єфу	Елементи макрорел'єфу (горизонтальна протяжність від 200 м до 10 км і більше); мезорел'єфу (у перерізі десятки та сотні м, а різниця висот – метри): тераси, балки, яри; мікрорел'єфу: кротовини, купини, пні, що розкладаються.
Зволоження	За переважаючим джерелом живлення:

	плакорний (елювіальний) для водороздільних поверхонь із слабким ухилом (до 1-2°), на яких відсутній поверхневий стік і переважає атмосферне зволоження; транселювіальний – на верхніх, відносно крутих (не менше 2-3°) частинах схилів, володіє інтенсивним стоком і площинним зливом, живлення атмосферне; аккумулятивно-елювіальний – з утрудненим стоком, додатковим живленням за рахунок натічних вод, що часто утворюються верховодками; проточний – аналогічний попередньому, але водозбірні пониження володіють вільним стоком; елювіально-аккумулятивний – (делювіальний) – значне зволоження за рахунок стікаючих зверху вод. Заплавний і субаквальний.
Характеристика ґрунтів	Тип, потужність і склад підстилки, потужність гумусового горизонту.
Опис угруповання	
Кількість ярусів	
Деревний ярус (деревостан) (А)	Флормула деревостану (видовий склад), висота, діаметр стовбура, висота кріплення крон, зімкнутість крон, рясність, вік. Характер відновлення.

	<i>Підрост</i> – молоді дерева основних лісоутворюючих порід даного лісу висотою до $\frac{1}{3}$ основного намету (стиглого деревостану) (підріст виділяють як самостійний намет деревного ярусу).
Чагарниковий ярус (підлісок (В))	<i>Підлісок</i> – це деревні та чагарникові рослини, які ніколи не зможуть сформувати деревостан. Визначається видовий склад, ступінь зімкнутості, переважаюча висота, рясність, характер розміщення, щільність.
Трав'яно-чагарниковий ярус (С)	Загальне проективне покриття (ЗПП), флористичний склад, висота, переважаючі види, відносна рясність (шкала Друде), характер розміщення (<i>gr</i> – густі скупчення (групи); <i>сит</i> – рихлі скупчення)
Мохово-лишайниковий покрив (D)	Загальне та проективне (за видами) покриття, характер розміщення, субстрат
Позаярусна рослинність (Е)	Висота покриття, субстрат (гілки, стовбури)
Детрит	Наявність в угрупованні детриту
Фенофази розвитку	Вегетації, бутонізації, цвітіння, дозрівання насіння, відмирання.

Таблиця 30

Бланк опису лісового фітоценозу

Показник	Опис
Видовий склад	Перерахувати деревні породи
Густота деревостану	Кількість дерев на 1 га
Висота деревостану (H_d)	Визначається за допомогою екліметра або висотоміра, на око, вимірюванням дерева, що впало, «людини», тіні (на стовбурі від основи відзначають певну висоту (2 м) і, відійшовши на 10-20 м, відкладають подумки цю віддаль по стовбуру до вершини, перемножують отримане число на довжину відрізка)
Діаметр стовбурів (D, м)	Визначається окремо для кожної породи. Мірною вилкою або на висоті строго 1,3 м (приблизно на рівні грудей) з розрахунком середнього значення (додатково мінімум і максимум) за допомогою штангенциркуля або через довжину обхвату стовбура $D=L/\pi$ (L – довжина обхвату стовбура, $\pi=3,14$)
Висота приріплення крон ($H_{кр}$, м)	Висота знаходження нижніх живих гілок
Групи віку (класи віку)	Підрахунок вікових кілець на свіжих пнях. Вік листяних порід (приблизно) дорівнює діаметру стовбура (см)
Формула деревостану	Назви виду у формулі скорочуються до однієї або двох букв, наприклад: береза – Б, сосна – С, ялина – Ял,

	осика – Ос, вільха сіра – В.с., вільха чорна – В.ч, липа – Лп та ін.. визначається співвідношення між породами даного насадження. Наприклад: на ділянці підраховано 212 дерев, з них 144 сосни, 36 ялин, 27 берез, 5 вільх сірих. Формула деревостану: 7С2Ял1Б(б)+В(с)
Зімкнутість крон	Частка площі поверхні землі, зайнята проєкціями крон: у % - від 0 до 100; у балах 1-5 або частках одиниці (від 0,1 до 1), тобто відсутність крон – 0, повне змикання – 1.
Характер відновлення	Наявність сходів, їх зімкнутість і склад. Рясність, спосіб відновлення. Сходи (висота до 10 см, вік 1-2 роки); підріст (не досягли ¼ або ½ висоти дорослих дерев); ступінь зімкнутості, породний склад, домінуюча порода. Рясність (бальна шкала: 1 – відновлення незадовільне (до 2000 екз/га), 2 – слабке (2000-5000 екз/га), 3 – задовільне (5000-10000 екз/га), 4 – добре (більше 10000 екз/га)). Спосіб віднолення: насінневий, вегетативний

У досліджуваному фітоценозі закладіть пробні ділянки (розмір ділянки визначається залежно від типу угруповання: в лісових – 400, в лучних – 100 м²). Використовуючи наведений вище план опису, опишіть рослинні угруповання.

Бланк опису _____ № _____ дата _____

Ознаки	Опис		
	ділянка № 1	ділянка № 2	ділянка № 3
Загальна характеристика			
Характеристика екотипу			
Опис фітоценозу	Характеристика		
Ярус А			
Кількість видів			
Ярус В			
Кількість видів			
Ярус С			
Кількість видів			
Ярус D			
Кількість видів			
Загальна кількість видів (у всіх ярусах)			



Порівняльний аналіз подібності угруповань з використанням різних індексів

Існує чимало індексів або коефіцієнтів для оцінки спряженості угруповань. Один із перших коефіцієнтів подібності, який використовується в фітоценології, запропонований у

визначеному вище.

1901 р. французьким флористом Жаккаром. З часом іншими дослідниками були розроблені де-що відмітні індекси. Але чи справді вони більш інформативні? Відповіді на це запитання Вам належить після виконання цієї роботи.

У Вашому розпорядженні два бланки геоботаничних описів, які студенти заповнили під час літньої практики. Порівняйте подібність цих угруповань за індексами, наведеними у таблиці. Спробуйте дати відповідь на запитання, поставлене у вступній частині.

Показники для оцінки подібності угруповань

№ п/п	Показник	Формула, за якою обчислюється
1	Індекс Жаккара (коефіцієнт флористичної подібності)	$I_{ja} = \frac{C}{A+B} * 100, \text{ де}$ А і В – кількість видів, знайдених в одному угрупованні, але відсутніх у іншому; С – кількість видів, знайдених в обох угрупованнях.
2	Індекс Маунтсена	$K = \frac{2c}{2ab - (a+b)c}, \text{ де}$ а і b - кількість видів у кожному угрупованні; с – кількість спільних для них видів.
3	Індекс Сьоренсена	$K = \frac{2c}{a+b}, \text{ де}$ а і b- кількість видів у кожному угрупованні; с – кількість спільних для них видів.

4	Індекс Екмана	$K_{Ekm} = \frac{A+B}{C}, \text{ де}$ А і В – кількість видів, знайдених в одному угрупованні, але відсутніх у іншому; С – кількість видів, знайдених в обох досліджуваних угрупованнях.
5	Індекс Еленберга	$K = \frac{C+100}{A+B+C}, \text{ де}$ А і В – кількість видів, знайдених у кожному із порівнюваних угруповань, С – кількість характерних для них видів.



Оцінка видового багатства та різноманіття рослинних угруповань

Видове багатство рослин виражається відношенням числа видів на одиницю площі. Якщо це лісова система, то – на 1 га, а якщо лучна – на 1 м². Видове різноманіття рослин в угрупованнях прийнято розраховувати за формулою Шеннона:

$$H_i = - \sum_1^i P_i \cdot \ln P_i, \text{ де}$$

P_i – імовірність внеску кожного виду в угруповання.

$P_i = n/N$, n – кількість балів, яку одержує кожний вид за відсотком проекційного покриття або за рясністю (щільністю) в даному угрупованні.

N – загальна сума балів, яку одержали за цим показником усі види даного угруповання.

Незважаючи на наявність інших способів визначення видового різноманіття, даний показник застосовується більшою кількістю екологів, і тому найбільш універсальний.

Дослідження видового багатства. Огородіть чотири ділянки площею $1\text{м} \times 1\text{м}$ у випадку дослідження лучної системи та площею $10\text{м} \times 10\text{м}$ – у випадку лісової. Вбийте в ґрунт кілки і обтягніть їх мотузкою. На зазначених ділянках порухуйте загальну кількість видів, знайдіть середнє значення і виразіть результат на одиницю відповідної площі.

Дослідження видового різноманіття. Огородіть ділянку площею $10\text{м} \times 10\text{м}$ (як для лучної, так і для лісової екосистеми) і відберіть з цієї ділянки у гербарій по одному екземпляру кожного виду рослин. На гербарній "сорочці" позначте проективне покриття, яке займає даний вид від загального проективного покриття досліджуваного рослинного угруповання.

Проективне покриття – це площа проекцій надземних частин одного виду рослин по відношенню до поверхні ґрунту за винятком просвітів між листками та гілками.

У лабораторних умовах переведіть відсотки проективного покриття у бали. Тепер знайдіть імовірність внеску кожного виду в угруповання

(P_i). і за формулою Шеннона визначте видове різноманіття.

Для прикладу пропонуємо Вам ознайомитись з результатами дослідження видового різноманіття рослинних угруповань двох екстремальних біотопів – на вапняковому відшаруванні та на джерельному болоті, які були виявлені нами на хребті Чорний Діл Буковинських Карпат.

Результати бальної оцінки видів за проективним покриттям наведені в таблицях

Бальна оцінка видів за проективним покриттям у рослинному угрупованні на вапняковому відшаруванні

№ n/ n	Назва видів		Бали за проективним покриттям
	українська	латинська	
1	Ялина європейська (смерека)	<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	2
2	Береза повисла (бородавчаста)	<i>Betula pendula</i> Roth.	1
3	Яловець сибірський	<i>Juniperus sibirica</i> Burgsd.	3
4	Верба туполиста	<i>Salix retusa</i> L.	1
5	Кизильник цілокрай	<i>Cotoneaster integerrimus</i> Medik.	1
6	Таволга середня	<i>Spiraea media</i> Franz Schmidt	1
7	Буяхи, лохина	<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	1
8	Чебрець альпійський	<i>Thymus alpestris</i> Tausch.	1

9	Осока лапчаста	<i>Carex ornithopoda</i> Willd	2
10	Зозулинні сльози яйцеподібні	<i>Listera ovata</i> (L.) R.Br.	1
11	Лядвенець польо- вий	<i>Lotus arvensis</i> Pers.	1
12	Бедринець ломи- каменевий	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	2
13	Дзвоники альпій- ські	<i>Campanula alpina</i> Jacq.	1
14	Фітеума куляста	<i>Phyteuma orbiculare</i> L.	1
15	Тирлич ваточни- ковий	<i>Gentiana</i> <i>asclepiadea</i> L.	1
16	Підмаренник Ві- ргена	<i>Galium wirtgenii</i> F. Schultz	1
17	Фіалка скельна	<i>Viola saxatilis</i> F.W. Schmidt	1
18	Скабіоза голуби- на	<i>Scabiosa columbaria</i> L.	1
19	Будяк сизий	<i>Carduus glaucus</i> Baumg.	1
20	Відкасник безс- тебловий	<i>Carlina acaulis</i> L.	1
21	Скереда конізо- листа	<i>Crepis conyzifolia</i> (Gouan) A.Kerner	1
22	Молодило гірське	<i>Sempervivum</i> <i>montanum</i> L.	1
23	Заяча конюшина карпатська	<i>Anthyllis carpatica</i> Pant.	1
24	Ранник крейдя- ний	<i>Scrophularia</i> <i>cretacea</i> Fisch. ex Spreng.	1
25	Цибуля гірська	<i>Allium montanum</i> F. W. Schmidt	1
26	Лілія лісова	<i>Lilium martagon</i> L.	1

	(Л.кучерява)		
27	Перестріч скель- ний	<i>Melampyrum</i> <i>saxosum</i> Baumg.	3
28	Очанка гірська	<i>Euphrasia montana</i> Jord.	1

**Бальна оцінка видів за проективним покрит-
тям у рослинному угрупованні на джерель-
ному болоті**

№ п/п	Назва видів		Бали за проектив- ним пок- риттям
	українська	латинська	
1	Щучник дернистий	<i>Deschampsia</i> <i>caespitosa</i> (L.) Beauv.	2
2	Китник (лисохвіст) лучний	<i>Alopecurus</i> <i>pratensis</i> L.	1
3	Мітлиця тонка	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	1
4	Лерхенфельдія звивиста	<i>Lerchenfeldia</i> <i>flexuosa</i> (L.) Shur	1
5	Ситник розлогий	<i>Juncus effusus</i> L.	3
6	Ситник трилусковий	<i>Juncus triglumis</i> L.	3
7	Борщівник си- бірський	<i>Heracleum</i> <i>sibiricum</i> L.	1
8	Бутень запашний	<i>Chaerophyllum</i> <i>aromaticum</i> L.	1
9	Дзвоники мін- ливі	<i>Campanula</i> <i>polymorpha</i> Witas.	1
10	Тирлич	<i>Gentiana</i>	1

	звичайний	<i>pneumonanthe asclepiadea</i> L.	
11	Підмаренник багновий	<i>Galium uliginosum</i> L.	1
12	Свербіжниця польова	<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coul.	1
13	Осот клейкий	<i>Cirsium erisithales</i> (Jacq.)	3
14	Скереда м'яка	<i>Crepis mollis</i> (Jacq.) Aschers.	1
15	Любочки осінні	<i>Leontodon autumnalis</i> L.	1
16	Королиця круглолиста	<i>Leucanthemum rotundifolium</i> (Waldst. et Kit.) DC.	1
17	Маруна щиткова	<i>Chrysanthemu m corymbosum</i> (L.) Scop.	1
18	Кремена гібридна	<i>Petasites hybridus</i> (L.) Gaertn., Mey. et Schreb.	1
19	Нечуйвітер оранжево- червоний	<i>Hieracium aurantiacum</i> L.	1
20	Деревій майже звичайний	<i>Achillea submillefolium</i> Klok. et Krytzka	1
21	Гадючник оголений	<i>Filipendula denudata</i> (J. et C. Presl) Fritsch	1
22	Жовтець повзу- чий	<i>Ranunculus repens</i> L.	1

23	Буквиця лікар- ська	<i>Betonica officinalis</i> L.s. I.	1
24	Черсак розріза- нолистий	<i>Dipsacus laciniatus</i> L.	1
25	Очанка гірська	<i>Euphrasia montana</i> Jord.	1

Нижче наведено розрахунок показників видового різноманіття для досліджуваних рослинних угруповань. Як видно з одержаних даних, рослинне угруповання на вапняковому відслоненні має більший індекс видового різноманіття, ніж рослинне угруповання на джерельному болоті.

Замість бальної оцінки проекційного покриття можна використати бальну оцінку рясності видів в угрупованні. Такий облік звичайно проводять за бальною системою або за шкалою, запропонованою **О. Друде**. У цій системі оцінки рясності прийняті такі градації:

Soc (socialis) – рослини зникаються окремими частинами (1 бал);

Cop³ (copiosae) – рослини дуже рясні (2 бали);

Cop² – рослини рясні (3 бали);

Cop¹ – рослини досить рясні (4 бали);

Sp (sparsae) – рослини рідкі (5 балів);

Sol (solitariae) – рослини поодинокі (6 балів);

Un (unicum) – одна рослина на площі виявлення.

Розрахунок індексу видового різноманіття рослинних угруповань

Індекс видового різноманіття Шеннона	Рослинне угру- повання на джерельному болоті	Рослинне угруповання на вапняко- вому відша-
--	---	---

	<i>руванні</i>	
$H_i = -\sum_{i=1}^i P_i \cdot \ln P_i$	$H_i = -$	$H_i =$
де P_i - ймовірність внеску кожного виду	$(21(1/31 \ln 1/31) + 1(2/31 \ln 2/31) + 3(3/31 \ln 3/31)) = 3,18$	$23(1/35 \ln 1/35) + 3(2/35 \ln 2/35) + 2(3/35 \ln 3/35) = 3,25$



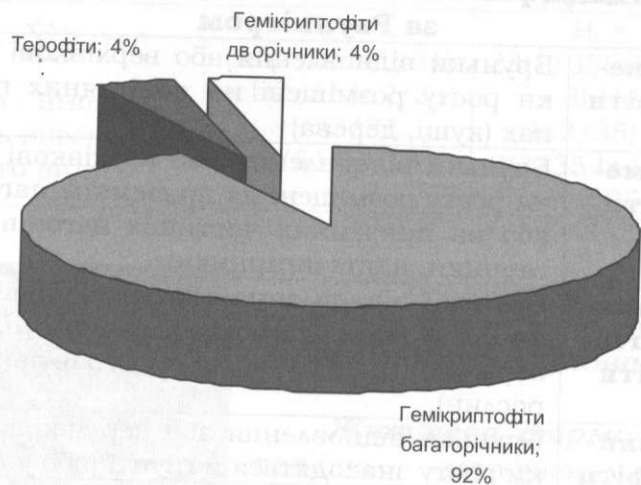
Побудова спектра життєвих форм рослинних угруповань

Життєва форма – це подібна морфоекологічна організація (габітус) групи організмів, яка виникає внаслідок конвергентної еволюції під впливом подібних факторів природного добору. Іншими словами, життєва форма – це пристосувальний тип організмів, який характеризується зовнішньою подібністю. Найбільш популярною класифікацією життєвих форм рослин є класифікація датського ботаніка Раункієра. Вона ґрунтується на розміщенні бруньок відновлення (верхівкових точок росту) відносно поверхні землі.

Огородіть ділянку площею 10 м×10 м. Зберіть з цієї ділянки у гербарій по одному екземпляру кожного виду рослин. У лабораторних умовах посортуйте види на стосики за групами життєвих форм. Визначте відсоток, який становлять види кожної групи від загальної кількості видів, виявлених на ділянці. Результати досліджень подайте у вигляді кільцевих діаграм.

Класифікація життєвих форм рослин за Раункієром

Фанерофіти	Бруньки відновлення або верхівкові точки росту розміщені на повітряних пагонах (кущі, дерева)
Хамефіти	Бруньки відновлення або верхівкові точки росту розміщені на приземних пагонах або на приземних частинах пагонів (чагарники, напівчагарники)
Гемікриптофіти	Бруньки відновлення або верхівкові точки росту розміщені безпосередньо під поверхнею ґрунту (більшість трав'янистих рослин).
Криптофіти	Бруньки відновлення або верхівкові точки росту знаходяться в ґрунті (або у воді).
Терофіти	Рослини, що закінчують життєвий цикл від насіння до насіння і відмирають протягом одного сезону (до цієї групи відносяться також рослини, які проростають осінню, а цвітуть і відмирають весною наступного року)
Епіфіти	Непаразитуючі (повітряні) рослини, які не мають коренів у ґрунті. Поглинають атмосферну вологу всією поверхнею або через повітряні корені. Епіфіти не мають прямого фізіологічного чи біохімічного контакту з хазяїном, оскільки живуть не за рахунок його самого, а використовуючи дрібнозем та воду, яка накопичується в нерівностях стовбурів та гілок. Епіфіти тільки частково використовують продукти розпаду самих верхніх частин кори. До них відносяться орхідеї, мохи, лишайники та ін.



Спектр життєвих форм дослідженого рослинного угруповання



Визначення індексу синантропності рослинних угруповань

Синантропізація

– пристосування організмів (синантропних) до існування у різко змінених людиною місцях, навіть у населених пунктах і людських будівлях.

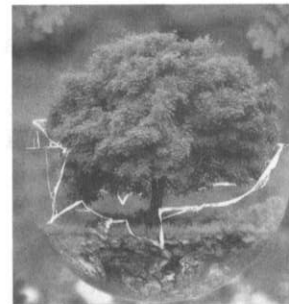
Синантропні види рослин можна ідентифікувати скориставшись монографією: "Синантропная флора Украины и пути её развития" В.В. Протопопової

Для визначення рівня синантропності фітоценозів застосуйте показник ступеня деструкції ценозу (I_d) (за Л.С. Балашовим):

$$I_d = \frac{P_d}{P_f} \cdot 100$$

де P_f – загальне проективне покриття фітоценозу;
 P_d – сумарне покриття видів-деструкторів (представники класів синантропної рослинності).

Належність видів до числа синантропних установить за вищенаведеною працею В.В.Протопопової.



Визначення видового багатства та різноманіття тваринних угруповань

Оцінка видового багатства та видового різноманіття тваринних угруповань проводиться окремо в межах кожної групи життєвих форм.

Видове багатство (D) оцінюється за формулою Маргалєфа:

$$D = \frac{S-1}{\ln N},$$

де S – кількість видів у всіх пастках;

N – загальна кількість особин усіх видів у всіх

Видове різноманіття оцінюється за формулою Шеннона:

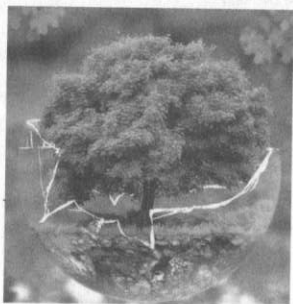
$$H_i = -\sum_1^i P_i \cdot \ln P_i, \text{ де}$$

P_i – імовірність внеску кожного виду в угруповання;
 $P_i = n/N$, n – кількість особин даного виду у пастках за певну кількість діб;
 N – кількість особин усіх видів у пастках за відповідну кількість діб.

У межах досліджуваної екосистеми проведіть відлов тварин різних груп життєвих форм, скориставшись адекватним для кожної групи методом відлову.

Кількість проб повинна бути не менше 4-х в одній екосистемі для можливості статистичної обробки результатів.

Скориставшись формулами Маргалєфа та Шеннона, визначте видове багатство та різноманіття для кожної з груп життєвих форм.



Визначення індексу синантропності угруповань комах

Якщо комаха спонтанно мешкає в поселеннях людини проти її волі, а також співіснує з людиною і залежить від її діяльності, така комаха може бути названа **синантропною**. По комахах, на відміну від рослин, поки що немає ґрунтовних праць щодо рівня їх синантропності. Проте кожний дослідник може встановити її сам, як це описано в цій роботі.

Ступінь синантропності певного виду комах визначте за формулою (P. Nuorteva):

$$S = \frac{2a + b - 2c}{2}$$

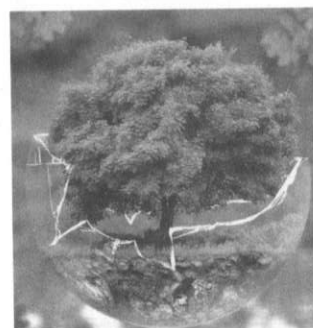
де **a** – доля особин даного виду серед збору усіх комах даної групи в поселенні людини;
b – те ж у сільській місцевості в межах агроценозів;
c – те ж у природних біотопах.

При значенні індексу, близькому до 100, комаха явно надає перевагу поселенням людини. Якщо індекс близький до нуля, поселення людини не впливають на популяції цього виду. При індексі 50 і нижче вид явно уникає поселень людини.

Тепер визначте індекс синантропності угруповань комах:

$$I_s = \frac{K_s}{K_f} \cdot 100$$

Де **K_f** – загальна кількість комах у пастці;
K_s – кількість комах синантропних видів у пастці.



Ординація фітоценозів на градієнтах вологості та трофності

Ординація фітоценозів – це їхнє впорядкування вздовж обраних чинників середовища (побудова графіка розсіювання точок у декартовій системі координат). Для побудови такого графіка необхідно знати координати кожного опису. Вони визначаються через суму екологічних індексів кожного виду обраного ярусу, зва-

жену через проективне покриття. Закладіть трансекту – суцільний прямокутний масив дрібних ділянок (1м×1м), що примикають одна до одної, або ж розділені між собою певною відстанню (пунктирна трансекта Б.А. Бикова, 1970).

Зробіть флористичний опис кожної ділянки: видовий склад, види доміанти, загальне проективне покриття та проективне покриття кожного виду. Визначте положення цих описів на градієнтах вологості та трофності. Для вирішення цього питання застосуйте екологічні шкали видів Циганова (Цыганов Д.Н. «Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов»).

Створіть таблицю, занесіть види, виявлені на певній ділянці, відсоток їх проективного покриття та індекси вологості (Hd) і багатства ґрунтів азотом (Nt). У таблиці наведено приклад побудови такої таблиці для трав'яно-чагарникового ярусу лісу заповідника «Присурський» (Н.Г.Султанова, 2010).

Знайдіть Hd для всього опису. Для цього помножте проективне покриття кожного виду на індекс його вологості за шкалою Циганова. Одержані добутки просумуйте та поділіть на сумарне проективне покриття усіх видів. Наприклад, для вищенаведеного опису розрахунок Hd виглядає так:

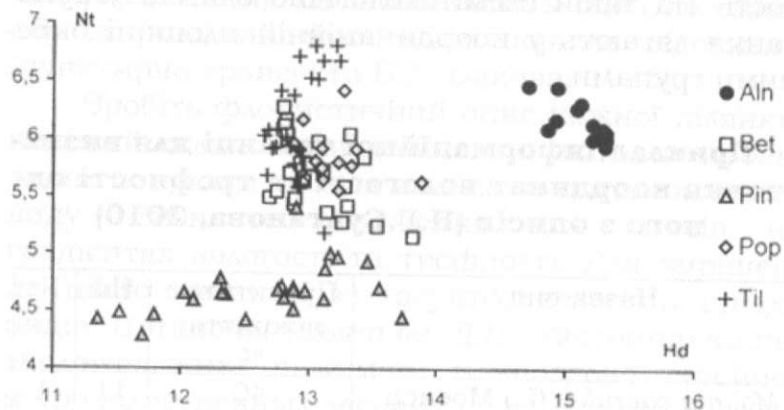
$$Hd = \frac{40 \cdot 11 + 30 \cdot 7 + 5 \cdot 9 + 1 \cdot 9 + 1 \cdot 9 + 15 \cdot 9 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 10}{96} = 9,25$$

Аналогічно визначте **Nt**, котрий для розглянутого прикладу дорівнює 1,625. Маючи тепер координати *x* (**Hd**) та *y* (**Nt**) відобразіть цей опис на графіку у вигляді точки. Визначивши в такий

спосіб координати кожного опису, складіть ординаційну схему фітоценозів дослідженої місцевості. На такій схемі екологічно близькі угруповання лягають у координатній площині окремими групами.

Приклад інформаційної таблиці для визначення координат вологості та трофності одного з описів (Н.Г.Султанова, 2010)

Назва виду	Проективне покриття, %	Hd	Nt
<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	40	11	1
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	30	7	3
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	5	9	1
<i>Melampyrum pratense</i> L.	1	9	1
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	1	9	1
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	15	9	1
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	2	10	1
<i>V. myrtillus</i> L.	2	10	1
Сума	96	-	-

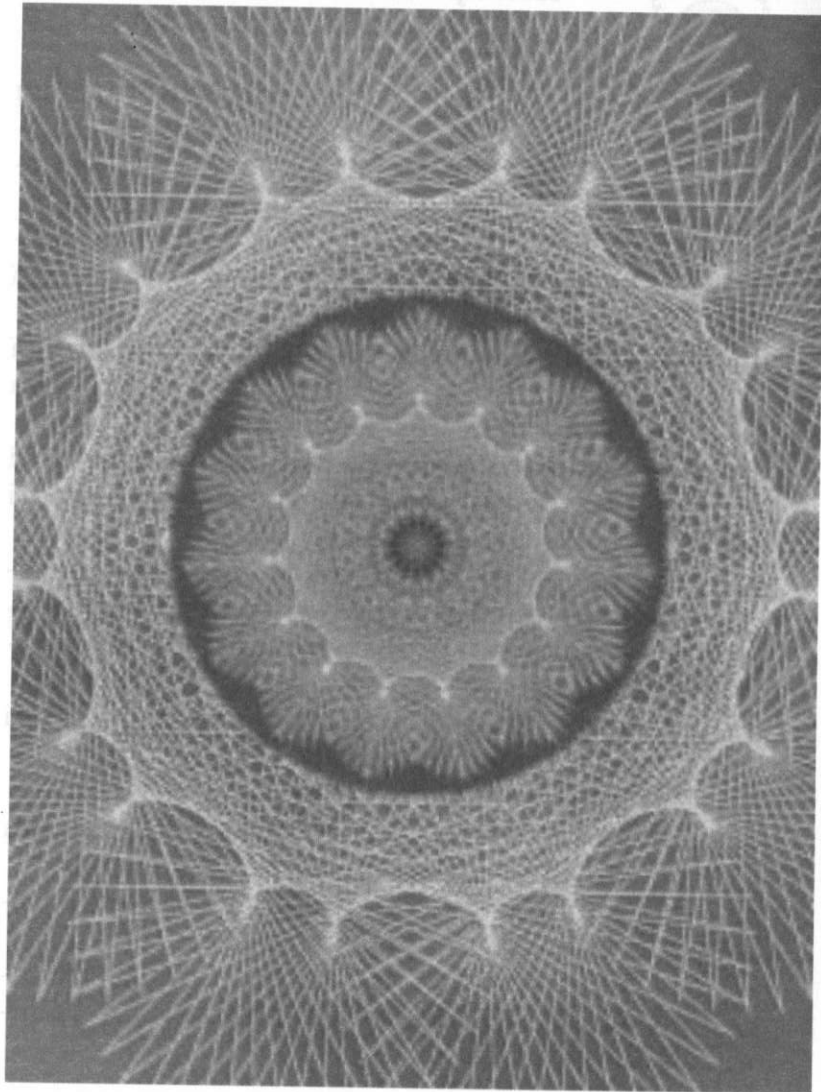


Приклад ординаційної схеми фітоценозів (за даними дисертації Н.Г. Султанової «Оценка разнообразия лесной растительности заповедника «Присурский»): Aln – вільшаники; Bet – березняки; Pin – сосняки; Til – липняки; Pop – осичники.



Контрольні запитання та завдання до розділу

1. Чим відрізняються індекси Жаккара, Маунтсена, Сьоренсена, Екмана й Еленберга для визначення подібності угруповань?
2. Порівняйте за розрахунком і змістом коефіцієнти асоціації Юла та контингенції Пірсона.
3. Від чого залежить обрання тієї чи іншої формули для розрахунку коефіцієнта спряженості К. Коула?
4. Які переваги має коефіцієнт спряженості Л.Дайса перед коефіцієнтом спряженості К.Коула?
5. Як трактуються зв'язки між видами залежно від співвідношення індексу перекриття екологічних амплітуд видів (I_n) та спряженості (D)?
6. Назвіть градації у шкалі оцінки рясності видів, запропонованій О. Друде.
7. Що таке життєва форма?
8. Як розрахувати видове багатство тварин (D) за формулою Маргалєфа?
9. Що таке трансекта і як вона застосовується при дослідженні угруповань?
10. Як визначаються координати при ординації фітоценозів із застосуванням фітоіндикаційних шкал?



ЕКОСИСТЕМОЛОГІЯ: ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ЕКОСИСТЕМ

«Екосистема – головна функціональна одиниця в екології. Якщо ми хочемо, щоб наше суспільство перейшло до цілісного вирішення проблем, які виникають на рівні біомів та біосфери, то повинні перш за все вивчати екосистемний рівень організації» - ці слова Ю.Одума якнайкраще характеризують значимість цього розділу екології. Запропоновані роботи спрямовані на опанування студентами технологій оцінки стійкості екосистем та їх середовищного блоку.



**Визначення загальної,
пружної
та резистентної
стійкості екосистем за
методикою С. М. Гашева**

Загальна стійкість екологічної системи складається не тільки зі здатності її повертатися в початковий стан після зняття дії на неї зовнішніх сил (пружна стійкість), але й зі здатності чинити опір зовнішній силі, яка намагається змінити стан системи (резистентна стійкість), тобто:

$$U = U_u + U_r,$$

де U - загальна стійкість системи, U_u - пружна стійкість системи і U_r - резистентна стійкість системи.

Як справедливо зауважив Ю.Одум (1986), загальна стійкість екосистеми не тільки складається з її пружної та резистентної складових, але на різних стадіях розвитку представлена в більшій мірі першою або другою.

У праці «Характеристика сообществ животных» (2004) російський учений С.М. Гашев запропонував формулу для розрахунку загальної стійкості екосистем та її складових. Наукова аргументованість висунених цим автором положень видалася нам досить переконливою і ми адаптували розроблену ним методику до нашого практикуму.

Розрахуйте загальну, пружну та резистентну стійкість досліджуваної екосистеми за формулою С.М. Гашева:

$$U = 0.09 e^{(D(2G+3T)/G)} + 0.9 D(1+K/R), \text{ де}$$

U – перший доданок – пружна стійкість (Гашев, 1998 в), а другий – резистентна;

D – індекс видового різноманіття Сімпсона $(1 - \sum(n_i/N)^2)$;

R – індекс видового багатства $\lg N / (S - 1)$;

K – коефіцієнт «в'язкості» середовища, характерний для різних зональних типів екосистем суші Землі і природно-кліматичних зон (табл. 39); чим у більш сприятливих природно-кліматичних умовах знаходиться екосистема, тим більшим «зчепленням», «в'язкістю» або «тертям» з навколишнім середовищем вона характеризується, і тим важче змінити її властивості при інших рівних умовах.

T – величина, яка характеризує стадію розвитку системи (Одум, 1986), вона приймає значення:

$0 < T \leq 1$, $T = 1$ при переході системи до клімаксового стану. Але необхідно виділити і якісь промі-

жні стадії розвитку екосистеми. На підставі аналізу S-подібної кривої зміни в ході автотрофної аутогенної сукцесії відношення дихання спільноті (R) до її первинної продукції (P) - $VD = R/P$ Гашев С.Н. запропонував шкалу, наведену в таблиці. На практиці необхідно досить просто за зовнішніми об'єктивними проявами визначити точки шкали II, III і IV (враховуючи, що зріле угруповання рідко досягає клімаксового стану, точка V практичного значення не має). Як показник для визначення стадії розвитку екосистеми логічно використовувати компонент системи, що визначає її стан, вигляд: види-едифікатори.

Перехід від піонерного угруповання до молодого можна пов'язати з появою достатньої для формування угруповання кількості життєздатних особин виду-едифікатора. Говорити про формування перехідного угруповання можна з того моменту, коли едифікаторні види стануть проявляти едифікаторні властивості. Зріле ж угруповання виникає тоді, коли система оформляється у характерний за зовнішністю біогеоценоз (а подальша сукцесія йде всередині нього до досягнення клімаксу).

G – інша важлива змінна у формулі, яка є характеристикою зовнішніх чинників (опір поверхні, на якій знаходиться "куля"). Представляється переконливим, що з різноманіття всіх факторів можна вибрати два, що визначають умови середовища: теплову енергетичну базу (радіаційний баланс) і умови зволоження (радіаційний індекс сухості). Тоді в двовимірній координатній площині за цими показниками можна розмістити всі можливі типи екосистем, як це зробив для осно-

вних зональних типів екосистем суші А.А. Григорьев (за Федоровим, Гільмановим, 1980). Приймаючи в песимальних умовах $G = 1$, а в оптимальних $G \rightarrow 0$, але в умовах Землі має величину, не менше 0.1, можна скласти ряд, наведений у таблиці.

Шкала значень «в'язкості» (К) та «пружності» (G) навколишнього середовища для основних зональних типів екосистем суші Землі

К	G	Основні зональні типи екосистем суші
1	1.0	Вічний сніг, льодовики (в тому числі в горах)
2	0.9	Арктична пустеля, гольці в горах, тропічні та субтропічні пустелі
3	0.8	Тундри (в тому числі гірські), пустелі помірного поясу
4	0.7	Північна та середня тайга, напівпустелі помірного поясу та субтропічні напівпустелі
5	0.6	Південна тайга та підтайга, степи, запуселені савани (тропічні напівпустелі)
6	0.5	Листяні ліса та лісостеп, субтропічна гемігілея
7	0.4	Субтропічний степ, твердолисті субтропічні ліси та кущі
8	0.3	Сухі савани, екваторіальні лісові болота
9	0.2	Дощові субтропічні ліси, екваторіальний ліс, світлі тропічні ліси і лісисті савани, сильно заболочений екваторіальний ліс
10	0.1	Середньо заболочений екваторіальний ліс

Зробіть висновок щодо загальної стійкості досліджуваної системи, яка може змінюватися в

інтервалі від нуля до плюс нескінченності (чим вона вища, тим стійкіша система).

Шкала, що характеризує стадії розвитку екосистем у ході автотрофної аутогенної сукцесії

Угрупування				
I піонерне	II молоде	III перехідне	IV зріле	V клімаксне
T=0	T=0.2	T=0.3	T=0.5	T=1
VD=0	VD=0.2	VD=0.5	VD=0.75	VD=1

Примітка: T - стадія розвитку системи, VD - відношення дихання угруповання до його первинної продукції; I, II, III, IV і V - точки шкали, в яких угруповання переходить від однієї фази розвитку до іншої, зі своїми значеннями T і VD.



Оцінка стійкості природного середовища за методикою В.А.Барановського та В.Г. Шищенка

Для визначення стійкості природного середовища окремих екосистем пропонується адаптований та модифікований варіант методики В.А.Барановського та В.Г. Шищенка, розробленої для адміністративних районів. Суть адаптації полягає в тому, що при визначенні стійкості природного середовища окремих екосистем ба-

льна оцінка проводиться порівняно з еталонною екосистемою аналогічного типу, наявною у відповідній природній зоні. При цьому еталонна екосистема одержує максимальну кількість балів. Такий підхід визначення антропогенної трансформації екосистем був запропонований Е. Саєтом.

За В.А.Барановським та В.Г. Шищенком потенціал стійкості природного середовища (С) містить потенціал самоочищення атмосферного повітря (А), потенціал стійкості ґрунтів (Г) та біотичний потенціал (Б). Формули для розрахунку цих показників наводяться нижче.

$$C = A + G + B$$

$P_{ш}$ – кількість днів (%) зі швидкістю вітру 0-1 м/с;

$P_{в}$ – кількість днів (%) зі швидкістю вітру 5 м/с;

$P_{т}$ – кількість днів (%) з туманами;

P_0 – кількість днів (%) з опадами 0,5 мм і більше.

$$A = \frac{(P_{ш} + P_{в})}{P_0 + P_{т}}$$

С – бал по кожному показнику,

Q – максимально можлива сума балів

g – порядковий номер показника;

n – загальна кількість показників;

• сума активних температур ґрунту (вище 10 °C);

$$G = \frac{100 \sum_{g=1}^n C}{Q}$$

- крутизна схилів, град;
- каменистість, м³/га;
- структуртність (вміст фракцій розміром 0,25-10 мм, %);
- *питомий опір*, кг/см²;
- механічний склад (тип ґрунтів);
- вміст гумусу, %;

- тип водного режиму (підтип ґрунтів за вологоємністю);
- реакція рН (кислотність);
- *залісненість* (% до оптимальної);
- ємність іонів, мг/екв/100 г;
- *розораність* (% до досліджуваної площі);
- *господарська освоєність земель* (% до досліджуваної площі);

$$B = \frac{W \cdot T_v}{36 \cdot R}, \text{ де}$$

W – продуктивне зволоження території за вегетаційний період, мм;

T_v – період вегетації – декади;

R – середній радіаційний баланс за вегетаційний період, ккал/см², за вегетаційний період.

Продуктивна вологість – це різниця між загальним запасом води та запасом води, який відповідає вологості в'янення.

Рослини можуть висувувати ґрунт до такого стану, при якому починається їх в'янення. Такий ступінь зволоження прийнято називати ґрунтовою вологістю стійкого в'янення (ВСВ) рослин. Отже, ґрунтова вологість понад вологість в'янення і буде **продуктивною вологою**.

Стойке в'янення рослин починається при вологості, яка називається ґрунтовою вологістю в'янення, вона дещо перевищує максимальну гігроскопічність (у 1,3 – 1,5 разу). За одними літературними джерелами ВСВ $\approx 1,5$, а за іншими $\approx 1,4$ від максимальної гігроскопічності. Здебільшого, чим більш дрібнозернистий ґрунт і чим більше він містить гумусу, тим ВСВ вища.

Саме виходячи із цих закономірностей, пропонуємо розраховувати ВСВ: визначити спочатку максимальну гігроскопічність ґрунту, а потім помножити її на 1,5 для чорноземних ґрунтів або на 1,4 для інших.

МГ (максимальна гігроскопічність) – це гранична кількість гігроскопічної вологи, яка може бути поглинута ґрунтом з повітря при відносній вологості повітря 100%. Орієнтовно МГ складає: – для піщаних ґрунтів < 1% об'єму, – для легкосуглинних – 2-3%, середньосуглинних – 3-5%, важкосуглинних – 5-10%, глинистих – 10-20%.

Гігроскопічна волога нерухомо утримується біля поверхні твердих часток, недоступна рослинам, оскільки всмоктувальна сила коренів не може подолати сил поверхневого натягу.

ВСВ (W_3) – це таке значення вологості ґрунту, при якому рослини припиняють свою життєдіяльність, навіть якщо в подальшому їх помістити в сприятливі умови. Виходячи з цього, деякі автори рекомендують визначати ВСВ шляхом проведення експерименту в лабораторних умовах. Це реально, коли об'єктом досліджень є агроекосистема з монокультурною рослинністю. Для полікультурних фітоценозів ліпше визначати ВСВ, як це було описано вище, через МГ.

Суть запропонованої нами модифікації вищевикладеної методики полягає у таких моментах:

- ✓ замість питомого опору ґрунту пропонується визначати такий критерій стійкості ґрунтів як твердість. При застосуванні цієї заміни ми виходили з таких міркувань. У межах вологості від 30 до 70% повної вологоємності питомий опір знаходиться в прямій залежності від

твердості ґрунту. Це дозволяє обмежитися визначенням твердості, що набагато простіше динамометрування. Крім того, на сьогодні набагато ліпше розроблені методи визначення твердості ґрунтів, ніж динамометрування. А іструментальна база для дослідження твердості набагато доступніша та простіша у використанні.

- ✓ з формули вилучено такі показники: лісистість і розораність території, показники господарської освоєності території, які більше підходять для оцінки стійкості адміністративних територій, а не природних екосистем;
- ✓ замість вилучених уведено такі показники, як показник біологічної активності ґрунтів і відсоток рослин-індикаторів низької якості ґрунту;
- ✓ при дослідженні стійкості природного середовища окремих екосистем рекомендується фіксувати зазначені параметри не впродовж року, а протягом вегетаційного періоду. Критерії виділення меж останнього наведено у таблиці.

Критерії визначення меж вегетаційного періоду

Автори	Початок вегетаційного періоду	Закінчення вегетаційного періоду
А.М. Гродзінський, Д.М. Гродзінський	від останніх весняних морозів	до настання стійких морозів восени та випадання снігу

І.Г. Підопліч-ко, К.М. Ситник, Р.В. Чаговець	від останніх весняних приморозків	до перших осінніх приморозків
У метеорології	умовно приймається момент, коли середньодобова температура повітря перевищує 10 °С	утворення снігового покриву
І.А. Дудка	<i>у однорічних:</i> з моменту проростання насіння; <i>у багаторічних:</i> від пробудження бруньок	<i>в однорічних:</i> до моменту повного припинення життєдіяльності; <i>у багаторічних:</i> до пожовтіння листків (у деревних), до повного дозрівання* насіння (у трав'янистих)
А.І.Федорова, А.М.Нікольська	перші ознаки набубнявіння бруньок, рідше появу кінчиків листків	зміну кольору листків (руйнування хлорофілу та закінчення фотосинтезу)
С.С.Руденко, С.С.Костишин, Т.В.Морозова	у лісах – початок весняного плачу в берези, клена, або розгортання перших листків у весняних ефемероїдів	опадання листків

У зернових культур стадією повного дозрівання насіння вважається стан воскової стиглості, яка виражається у пожовтінні та набутті насінням консистенції, подібної до воску.

Проведіть дослідження та заповніть бланк протоколу

Протокол оцінки стійкості природного середовища

Назва показника	Значення показника	Бальна оцінка
Потенціал самоочищення атмосферного повітря		
Кількість днів зі швидкістю вітру 0-1 м/с, %		
Кількість днів зі швидкістю вітру 5 м/с, %		
Кількість днів з туманами, %		
Кількість днів з опадами 0,5 мм і більше, %		
Сума балів		
Потенціал стійкості ґрунтів		
Сума активних температур, град.		
Крутизна схилів, град		
Твердість (глибина занурення ножа), см		
Структурність, %		
Механічний склад (тип ґрунту)		
Вміст гумусу, %		
Вологомісткість		
pH (гідролітична)		
pH (обмінна)		

рН (актуальна)		
Місткість іонів, мг-екв/100 г		
Сумарна біологічна активність ґрунту, мкг/год		
Відсоток рослин-індикаторів низької агрохімічної якості ґрунту		
Сума балів		
Біотичний потенціал		
Середнє продуктивне зволоження, мм		
Період вегетації, декади		
Середній радіаційний баланс, ккал/см ² в рік		
Сума балів		
Потенціал стійкості природного середовища		



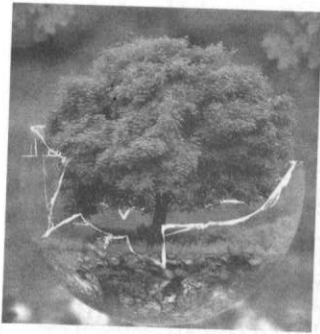
Оцінка стійкості лучної екосистеми

При визначенні рівня стійкості біоценозів ми пропонуємо керуватись співвідношенням валової первинної продукції (**GPP**) до дихання (**R**). За Ю.Одумом (1986) – цей показник є найбільш ефективним критерієм оцінки стійкості біоценозів. При наближенні екосистеми до клімаксного (найстійкішого) стану **GPP/R** прямує до одиниці.

Рівень валової продукції та дихання може бути оцінений в екосистемах за потоками вуглекислого газу. У темноті рослини здатні лише до

дихання. На світлі у рослин відбувається і фотосинтез, і дихання, тому одночасно з виділенням CO₂ (внаслідок дихання) відбувається його фіксація (внаслідок фотосинтезу). Отже, на світлі кількість CO₂ менша, ніж у темноті. Саме ці міркування покладені в основу методики оцінки дихання та валової первинної продукції, запропонованої російськими екологами Д.Г. Замолодчиковим та Д.В.Кареліним (2000) для трав'янистих екосистем.

У межах досліджуваної екосистеми виділіть 4 пробних ділянки розміром 40×40 см. Добове визначення потоків вуглекислого газу проведіть на кожній площадці за допомогою пластикової переносної камери 42×42×30 см, прозорої для фотосинтетично активної радіації (ФАР). Герметичність камери відносно атмосферного повітря забезпечте за допомогою водяного затвору. Зміни концентрації CO₂ в камері зафіксуйте за допомогою інфрачервоного газоаналізатора «Li-Cor 6200». На світлі визначте чистий потік вуглецю через систему (**NR**) (кількості CO₂, яка залишилась після його фіксації в процесі фотосинтезу); в темноті під покривалом – валове дихання (**R**). За різницею потоків **R- NR** визначте валову первинну продукцію (**GPP**). А за співвідношенням **GPP / R** оцініть ступінь наближення екосистеми до клімаксного стану.



Визначення стійкості лісової екосистеми

Безумовно, оцінка стійкості лісового біоценозу складніша в технічному плані, оскільки в даному випадку не вдасться ізолювати цілі ділянки біоценозу, як це

було описано в попередній роботі. І все ж ми пропонуємо спосіб, який дозволяє провести таку оцінку з не меншою ефективністю.

До гілок найбільш типових за розмірами та віком дерев лісового біоценозу прикріпіть газовий аналізатор. Одягніть на ці гілки чорні пакети. У нижній частині перев'яжіть пакети мотузкою. Визначте валове дихання (**R**). Зніміть чорні пакети і на ці ж самі гілки, не знімаючи газовий аналізатор, одягніть прозорі пакети та визначте чистий потік вуглецю через систему (**NR**). За різницею потоків **R - NR** визначте валову первинну продукцію (**GPP**). А за співвідношенням **GPP / R** оцініть ступінь наближення екосистеми до кліматичного стану.

Зіставте результати оцінки стійкості біоценозу та стійкості природного середовища, зробіть висновки щодо стадії сукцесій них змін даної екосистеми, а також про її зумовленість ало- чи автогенними факторами.

За допомогою множинного регресійного аналізу визначте значимість впливу кожного із досліджуваних біотичних факторів (видового багатства та різноманіття, наявності тих чи інших

життєвих форм рослин і тварин тощо) на стійкість досліджуваного біоценозу.



Визначення біомаси та продуктивності лісової екосистеми

Вищі рослини, поглинаючи вуглекислий газ з атмосфери і воду, синтезують органічну речовину.

У клітинах рослин утворюються різні сполуки: вуглеводи, білки, жири та ін. після відмирання всієї рослини або її частин мертва органічна речовина надходить у ґрунт. Маса рослинності, що утворюється протягом вегетативного періоду, характеризує продуктивність ґрунту. Залежно від географічних умов, складу рослинних угруповань, інтенсивності утворення і відмирання тканин рослин величина маси рослинності буде неоднакова.

Кінцевим результатом утворення та розпаду органічної речовини на Землі, колообігів хімічних елементів, що проходять через біоту, є накопичення біомаси.

Біологічна маса (біомаса) – загальна кількість живої органічної речовини рослинних угруповань. Важливе значення має структура біомаси – співвідношення органічної речовини в надземних частинах і коренях рослин. У наземних екосистемах 99,2% біомаси припадає на рослинну частину і лише 0,8% - на тварин.

Мертва органічна речовина - кількість органічної речовини, що міститься у відмерлих, але ще не упалих на поверхню ґрунту частинах рослин, а також накопичених на ґрунті продуктах опаду (лісова підстилка, степовий войлок, торфовий горизонт).

Річний приріст - маса органічної речовини, що наростає в підземних і надземних частинах рослин за рік.

Опад - кількість щорічно відмираючої органічної речовини, що надходить у ґрунт.

Утворення органічної речовини та її перерозподіл між рослинністю і ґрунтом дуже складне. Найбільша концентрація живої органічної речовини має місце в лісових угрупованнях.

Кінцевим результатом утворення та розпаду органічної речовини на Землі, колообігів хімічних елементів, що проходять через біоту, є накопичення біомаси. У наземних екосистемах 99,2% біомаси припадає на рослинну частину і лише 0,8% - на тварин.

Фітомаса виражається зазвичай у кілограмах, тоннах або кілокалоріях сухої речовини на гектар. Приріст фітомаси - головний показник біологічної продуктивності. Максимальні величини фітомаси спостерігаються в дощових тропічних лісах (700-1000 т/га абсолютно сухої речовини), мінімальні - в тундрі (25-30 т/га). При цьому приріст фітомаси або первинна продукція (продуктивність) складає у тропічних лісах 25-30 т/га, а в тундрі 2-2,5 т/га. Фітомаса складається з складних органічних сполук, які є основою для існування живих організмів, які використовують їх як поживний матеріал.

Дана робота завершальна в загальній проблемі: глобальна продукція - розпад - продуктивність остання визначається як приріст фітомаси за певний час (за вегетаційний період, за рік).

Робота може проводитися у вигляді двох лабораторно-практичних занять.

1. Опис фітоценозу чистих молодих насаджень деревних порід з визначенням параметрів (наприклад, дубова приярова смуга, насадження з сосни звичайної).
2. Підрахунок фітомаси та продуктивності насадження за даними отриманими на попередньому занятті.

Сформууйте групи по 3 особи, які після загального пояснення, виконують окремі операції по опису фітоценозів. В однорідному лісовому насажденні на рівній місцевості закладіть дві пробні ділянки розміром 50x50, які характеризують даний фітоценоз. У характеристиці пробних ділянок опишіть: географічне положення, рельєф, оточення, ґрунт, ступінь покриття трав'яним покривом, мертвий покрив, зімкнутість деревостою (приблизно) і т.д. Потім проведіть вимірювання діаметрів усіх дерев на пробних ділянках на висоті 1,3 м (висота грудей). При цьому одна людина вимірює стовбури мірною вилкою, інша позначає помір'яні дерева крейдою, третя записує. При підрахунку проведіть групування дерев за ступенем товщини (через 2 см). Число обміряних дерев у відомості запишіть умовними позначеннями: перші чотири дерева позначте чотирма точками ::, наступні - лініями \square - 7 дерев, потім у вигляді квадрата конверта \boxtimes - 10 дерев.

На пробній площі проведіть також виміри висоти дерев.

1. Вимірювання висоти дерева за допомогою висотоміра

Вимірювання висоти дерева проводять за допомогою висотомірів різної конструкції. Принцип їх дії ґрунтується на визначенні однієї сторони прямокутного трикутника при відомій іншій стороні – "базі" (віддаль від приладу до стовбура дерева, зазвичай це 10 або 20 метрів) і відомому куті. Через "візир" приладу необхідно побачити вершину дерева і зняти показники по шкалі, відповідно обраній базі.

Необхідною умовою при вимірюванні висоти дерева є додавання до отриманого значення висоти дерева висоти приладу (приблизно, ріст людини). Для уникнення цієї помилки, а також у гірських умовах використовують два відліки – на вершину дерева і на основу стовбура

2. Виготовлення саморобного висотоміра

Дуже часто під час польових експериментів виникає необхідність виміряти висоту дерев, не маючи спеціальних вимірювальних інструментів, або ж придбати спеціальні прилади для вимірювання висоти дерев досить складно. На перший погляд, завдання, яке важко виконати, адже залізти на вершину дерева з мірною стрічкою не завжди реально. Та, якщо використати знання геометрії, можна обійтися і без запаморочливих трюків, для цього можна використати принципи подібності трикутників.

Принцип роботи висотомірів ґрунтується на тих же принципах трикутників. Тому ми пропонуємо виготовити висотомір, точність вимірювання якого не буде значно відрізнятись від стандартного висотоміра.

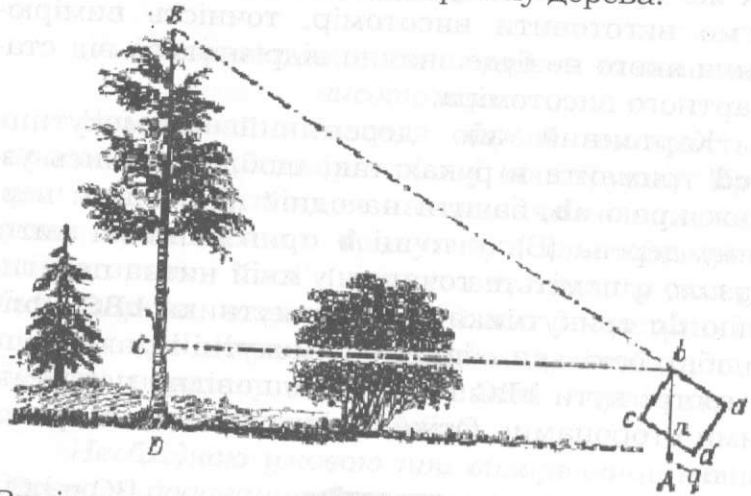
Картонний або дерев'яний прямокутник **abcd** тримайте в руках так, щоб, дивлячись уздовж краю **ab**, бачити на одній лінії з ним вершину дерева (В). у точці **b** прив'яжіть на нитці *грузило* **q** помітьте точку **n**, у якій нитка перетне лінію **dc** трикутника **bnc**. Трикутники **bBC** і **bnc** подібні, оскільки обидва прямокутні і мають рівні гострі кути **bBC** і **bnc** (з відповідно паралельними сторонами). Отже, можна написати пропорцію:

$$\begin{array}{ccc} \mathbf{BC} : \mathbf{nc} = & \longrightarrow & \mathbf{BC} = \mathbf{bc} \cdot \\ \mathbf{bc} : \mathbf{bc} & & \mathbf{nc} / \mathbf{bc} \end{array}$$

оскільки **BC**, **nc** і **bc** можна виміряти безпосередньо, то легко отримати шукану висоту дерева, додавши до **BC** довжину нижньої частити **CD** стовбура (висоту приладу над ґрунтом).

Можна дещо спростити: якщо край **bc** дощечки зробити, наприклад довжиною 10 см, а на краю **dc** нанести сантиметрові поділки, то співвідношення **nc/bc** буде завжди виражатися десятковими дробами, тобто, буде вказувати, яку долю відстані **bc** складає висота **BC** дерева. Наприклад, нитка зупинилася навпроти 7-ї поділки (тобто **nc** = 7 см), це означає, що висота дерева над рівнем ока складає 0,7 віддалі від спостерігача до стовбура. Інше поліпшення стосується спостереження: щоб зручніше було дивитися вздовж лінії **ab**, можна відігнути біля верхніх кутів картонного прямокутника два продірявлених квад-

ратики: одна дірочка (менша) – біля ока, друга (більша) – для наведення на верхівку дерева.



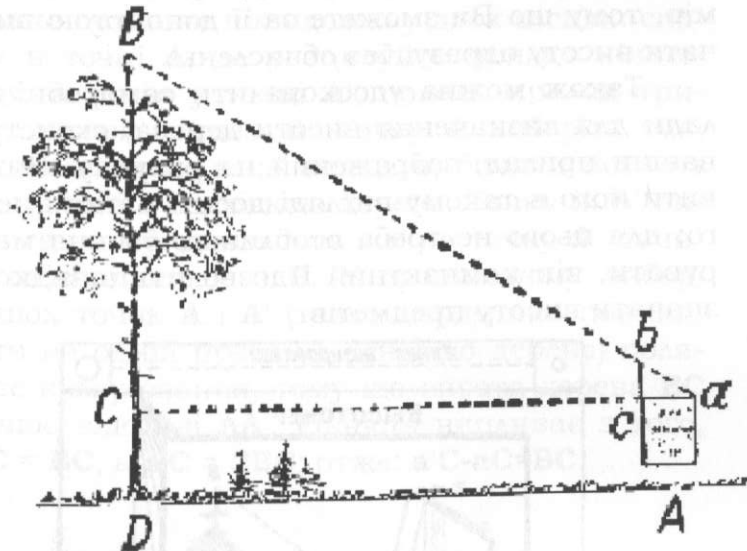
Вимірювання висоти дерева за допомогою саморобного висотоміра

3. Вимірювання висоти дерева за допомогою палиці

Візьміть рівну палицю, виміряйте її довжину і поставте поряд з деревом, відійдіть на 20-25 метрів. Тримавши перед очима на відстані витягнутої руки олівець, відзначте на ньому нігтем висоту мірного ціпка, який стоїть поряд з деревом потім підрахуйте скільки разів, відзначений відрізок олівця, поміститься по висоті стовбура дерева. Далі визначте висоту дерева перемноживши висоту ціпка на кількість відзначених відрізків. Цей спосіб дає систематичну помилку у бік заниження висоти. Величина помилки індивідуальна. У лісовому господарстві висоти визначають з точністю до 0,5м.

4. Вимірювання висоти дерева за допомогою записника

Як прилад для приблизної оцінки висоти Ви можете використати і свою кишенькову записну книжку, і олівець (олівець повинен бути прикріплений до записника). Вона досить просто допоможе Вам побудувати два подібних трикутники, з яких виходить шукана висота. Книжку тримайте біля очей так, як показано на рисунку.



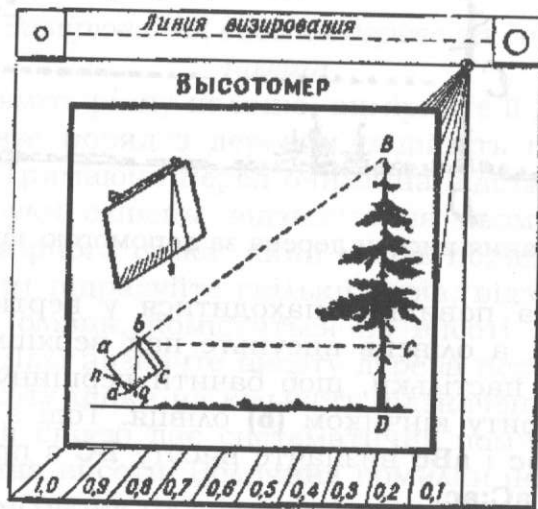
Вимірювання висоти дерева за допомогою записника

Вона повинна знаходитися у вертикальній площині, а олівець висуньте над верхнім краєм книжки настільки, щоб бачити вершину дерева (**B**), покриту кінчиком (**b**) олівця. Тоді з трикутників **abc** і **aBc** визначте висоту **BC** з пропорції: **BC:bc = aC:ac**.

Відстань **ac** і **aC** виміряйте безпосередньо. До отриманої величини **BC** додайте ще довжину

CD, тобто висоту ока над ґрунтом на рівному місці. Оскільки ширина книжки незмінна, то якщо Ви завжди будете ставати на одній і тій же відстані від дерева (наприклад 10 м), висота дерева буде залежати лише від висуненої частини **bc** олівця. Тому Ви можете заздалегідь обчислити, яка висота відповідає тому чи іншому висуванню, і нанести ці числа на олівець. Ваша записна книжка перетвориться тоді у спрощений висотомер, тому що Ви зможете за її допомогою визначати висоту одразу, без обчислень.

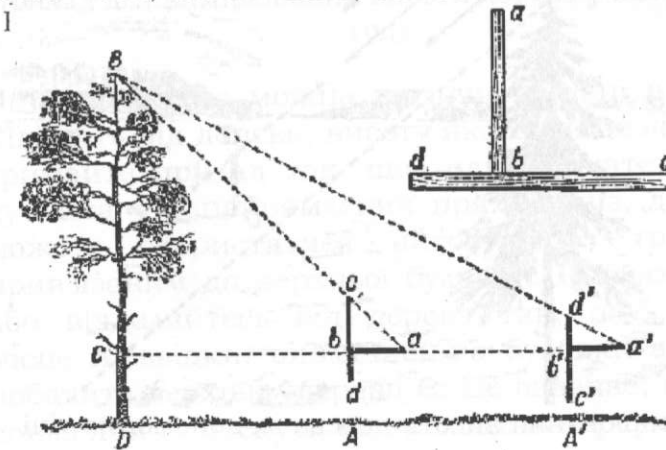
Також можна удосконалити саморобні прилади для визначення висоти дерева, сконструювавши прилад, зображений на рисунку. Виготовити його в такому вигляді досить легко і недовго; для цього не треба особливого уміння майструвати, він компактний і дозволить швидко визначати висоту предметів.



Саморобний прилад для вимірювання висоти дерева

5. Вимірювання висоти дерева на відстані

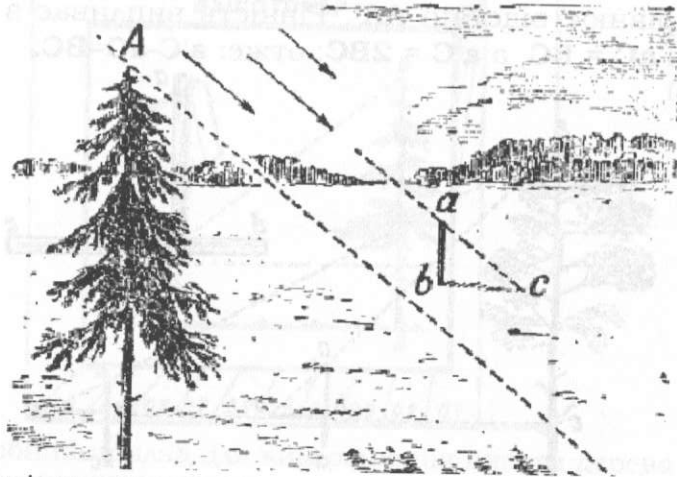
Якщо не можна підійти близько до основи дерева в такому випадку також можна визначити його висоту. Для цього пропонується такий прилад, який як і попередні, легко виготовити самому. Дві планки (рис. 11) **ab** і **cd** скріпіть під прямим кутом так, щоб **aB** дорівнював **BC**, а **bd** складав половину **ab**. Щоб виміряти висоту, тримайте прилад у руках, спрямуйте планку **cd** вертикально і станьте послідовно у двох місцях: спочатку в точці **A**, де розташуйте прилад кінцем нагору, а потім у точці **A'**, подалі, прилад тримайте догори кінцем **d**. Точку **A** виберіть так, щоб, дивлячись з **a** на кінець **c**, бачити його на одній прямій з верхівкою дерева. Точку ж **A'** виберіть так, щоб, дивлячись з **a'** на точку **d'**, бачити її співпадаючою з **B**. У правильному виборі цих двох точок **A** і **A'** (точки неодмінно повинні лежати на одній прямій з основою дерева) полягає все вимірювання, тому що висота дерева **BC** дорівнює відстані **AA'**. Рівність випливає з того, що $aC = BC$, а $a'C = 2BC$; отже: $a'C - aC = BC$.



Скориставшись цим простим приладом, можна виміряти дерево, не підходячи до основи ближче його висоти. Якщо ж можна підійти до совбура дерева ближче, то досить знайти лише одну з точок - **A** чи **A'**, щоб визначити його висоту. Замість двох планок можна скористатися чотирма шпильками, розмістивши їх на дощечці належно - у такому вигляді "прилад" ще простіший.

б. Вимірювання висоти дерева за допомогою тіні

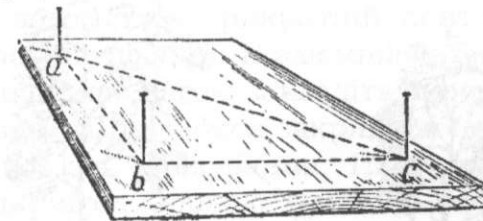
У сонячні дні для визначення висоти дерева можна скористатися тінню, яку відкидає це дерево (рис. 12). Виміряйте свою тінь або тінь будь-якої жердини і вирахуйте висоту дерева з пропорції: $AB:ab = BC:bc$. Висота дерева у стільки ж разів більша від Вашої висоти (або жердини) у скільки ж разів тінь дерева довша від Вашої тіні (або жердини). Тому висоту дерева можна розрахувати з геометричної подібності трикутників **ABC** і **abc** (за двома кутами).



Вимірювання висоти дерева за допомогою тіні

7. Вимірювання висоти дерева у хмарну погоду

Перш за все скористайтеся властивостями рівнобедреного прямокутного трикутника, виготовивши дуже простий пристрій з дощечки та трьох булавок. На дощечці будь-якої форми (або навіть на шматку кори, якщо у нього є плоский бік) намітьте три точки вершини рівнобедреного прямокутного трикутника - в них зафіксуйте булавки (рис. 13). Якщо у Вас під рукою немає трикутника для креслення прямого кута і циркуля для того, щоб відзначити рівні сторони, скористайтесь листком паперу (перегніть його навпіл, а потім поперек першого згину так, щоб обидві частини першого згину збіглися. Так отримаєте прямий кут).

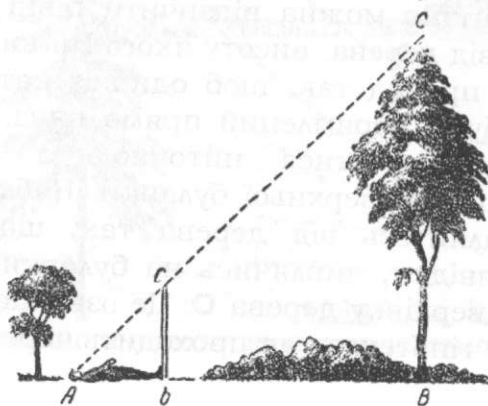
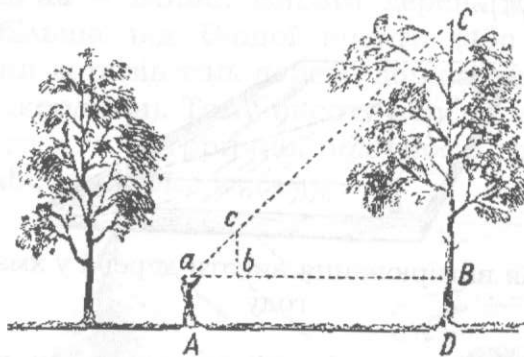


Прилад для вимірювання висоти дерева у хмарну погоду

Аналогічно можна відзначити рівні відстані. Відійдіть від дерева, висоту якого Ви визначаєте, тримайте прилад так, щоб один із катетів трикутника був напрямлений прямо вниз, для чого можете скористатися ниточкою з грузилом, прив'язаним до верхньої булавки. Наближайтесь або віддаляйтесь від дерева так, щоб знайти місце **A**, звідки, дивлячись на булавки **a** і **c** Ви побачите верхівку дерева **C**. Це означає, що продовження гіпотенузи **ac** проходить через точку **C**.

тоді очевидно віддасть **aB** дорівнює **CB**, оскільки кут **a = 45°**. Отже, вимірявши відстань **aB** (або на рівному з ним місці відстань **AD**) і додавши **BD**, тобто підвищення **aA** ока над землею, отримаємо шукану висоту дерева.

Можна також обійтися без булавкового приладу. Для цього увіткніть у землю жердину так, щоб частина, яка виступає, дорівнювала Вашому зросту. Місце для жердини виберіть так, щоб лежачи, як показано на рисунку 15, Ви бачили верхівку дерева на одній прямій лінії з верхівкою жердини. Оскільки трикутник **Abc** прямокутний, то кут **A = 45°**, отже, **AB** дорівнює **BC**, тобто висоті дерева, яку ми шукаємо.



Для кожної сходинки товщини виміряйте висоту трьох дерев і запишіть: в числівнику – висота, в знаменнику – точний діаметр. Потім дані використовуйте для побудови графіка висот, за яким визначте середню висоту деревостою. Вимір висоти проведіть екліметром (згідно інструкції). Для цього відійдіть від дерева на 15-20 м (за лежно від цього градуйована шкала екліметра) так, щоб було видно в ерхівку дерева, і проведіть замір. Виміри повторіть кілька разів, що забезпечить достатню точність. До отриманої величини додайте відстань від землі до очей спостерігача (в середньому – 1,5 м).

Можна перевести запаси фітомаси на суху масу. Для цього треба на першому занятті взяти проби на вологість у трикратній повторності на кожній пробній ділянці. В алюмінієві бюкси з номерами з відомою вагою закладіть окремо шматочки деревини гілок, бюкси закрийте і перенесіть у лабораторію для зважування. Після зважування бюкси відкрийте, верхню кришку помістіть під дно бюкса, все покладіть у сушильну шафу і сушіть при температурі $+105^{\circ}\text{C}$ до постійної ваги (повного випаровування води). Потім бюкси закрийте кришкою і поставте в ексікатор.

Послідовно проведіть такі операції:

- Зважте висушену деревину разом з бюксами, вирахуйте вологість за формулою:

$$A = \frac{a - b}{b - v} \cdot 100, \text{ де}$$

A - вологість, у %

a - вага сирого зразка з бюксом;

b - вага сухого зразка з бюксом;

v - вага порожнього бюкса.

- Закінчіть свої записи з опису фітоценозу.
- Установіть середній діаметр деревостану. Для цього визначте площу поперечного розрізу для кожного діапазону товщини за формулою $\pi \cdot r^2$ і перемножте на число дерев у кожному діапазоні, поділіть на загальну кількість дерев на пробній площі, отримайте середню площу перерізу деревостою і за вищенаведеною формулою визначте спочатку радіус, а потім середній діаметр деревостою.

Знаючи середній діаметр деревостою, визначте середню висоту. Для цього побудуйте графік висот на міліметровому папері (за своїми даними). На осі абсцис відкладіть значення діаметрів, по осі ординат – висот. Кожна точка на графіку відповідає конкретному дереву з певним діаметром і висотою. При проведенні кривої необхідно прагнути, щоб усі нанесені на графік точки крива розділила на дві рівні частини – водночас крива повинна бути плавною. Користуючись графіком, можна визначити висоту для дерева з будь-яким діаметром у межах даної популяції.

Визначте запас деревостою за масовими, об'ємними таблицями залежності від діаметра і висоти. Таблиці для визначення об'ємів стовбурів ялини, ялиці, берези, липи, ясена, осини з урахуванням місцевих умов можна знайти в "Лесной вспомогательной книжке...", яка є в лісництвах. Таблиці по осині можна використовувати для насаджень тополі, які поширені поблизу міст у вигляді полезахисних смуг або невеликих перелісків. За допомогою таких таблиць спочатку встановіть об'єм одного стовбура, а потім, помноживши його на кількість дерев у сходінці, знайдіть

загальний об'єм за сходінками товщини. Сума об'ємів по всіх сходінках складе запас у м³ на пробній ділянці, який перераховується на га. Однак при визначенні біомаси її кількість виражається в кг/га або т/га. У зв'язку з цим наведіть дані по масі 1 м³ деревини (в кг) у свіжозрізаному стані для основних порід: дуб літній - 1020, ясен - 924, береза - 878, тополя - 750, липа - 792, ялина - 794, сосна - 863.

Вирахуйте фітомасу деревини в перерахунку на суху речовину. Наприклад, об'єм дубової деревини на га в прияровій смугі за даними наших підрахунків становить 150 м³ на га. Цю величину помножте на 1020 і отримаєте 153 т/га. Визначена вологість деревини складала 48%, суха речовина - 52%. У перерахунку на суху речовину це складає:

$$\begin{array}{l} 153 - 100\% \\ x - 52\% \end{array} \quad x = \frac{153 \cdot 52}{100} = 79,56, \text{ т/га}$$

Вирахуйте продуктивність дубового насадження, яка дорівнює розміру фітомаси, поділеному на вік насадження, який визначається приростним буром. При цьому для сосни і ялини цей показник легко підрахувати за мутовками, додаючи до отриманої цифри два роки. У результаті отримуємо продуктивність деревостою даного насадження в т/га або кг/га в рік.

Можна перевести запаси фітомаси на суху масу. Для цього треба на першому занятті взяти проби на вологість в трикратній повторності на кожній пробній площадці. В алюмінієві бюкси з номерами з відомою вагою закладіть окремо шматочки деревини гілок, бюкси закрийте і перенесіть у лабораторію для зважування. Після зва-

жування бюкси відкрийте, верхню кришку помістіть під дно бюкса, все покладіть у сушильну шафу і сушіть при температурі +105°C до постійної ваги (повного випаровування води). Потім бюкси закрийте кришкою і поставте в ексікатор.

Результати запишіть у таблицю

Ступені товщини, через 2 см	Число стовбурів, шт.	Об'єм одного стовбура, м ³	Загальний об'єм стовбурів, м ³		Маса деревини, т/га	Загальний об'єм фітомаси, т/га	Продуктивність дерева, т/га в рік
			на пробній площі	на 1 га			



Визначення величини біомаси та продуктивності лучної екосистеми

Спосіб визначення трав'янистої рослинності значно простіший, ніж деревних рослин, оскільки можна зрізати всю рослинну масу з одиниці площі і перенести її в лабораторію для зважування.

У межах досліджуваної екосистеми виділіть чотири пробних ділянок 1 м • 1 м. Зріжте з них усю трав'янисту рослинність. Перенесіть у лабораторію і проведіть висушування до абсолютно

сухої маси при 105 °C і зважте з точністю до 0,1 г. Визначте біомасу в г/м².

Через місяць дослідження повторіть і визначте приріст біомаси за цей період.



Контрольні запитання та завдання до розділу

1. Охарактеризуйте розрахунок загальної, пружної та резистентної стійкості екосистем.
2. Які компоненти містить потенціал стійкості природного середовища, запропонований В.А.Барановським і В.Г. Шищенком?
3. Від чого залежить біотичний потенціал екосистеми, який розраховується за методикою В.А.Барановського та В.Г. Шищенка?
4. Як визначити чистий потік вуглецю через систему (NR)?
5. За допомогою яких приладів фіксують кількість вуглекислого газу в камерах для вивчення стійкості лучних екосистем?
6. За яким співвідношенням визначають ступінь наближення лісової екосистеми до клімаксового стану?
7. Які критерії можна використати для визначення меж вегетаційного періоду?
8. Як охарактеризувати стійкість біоценозу?
9. Як визначити валове дихання та валову первинну продукцію лучної екосистеми?
10. Як визначити валове дихання та валову первинну продукцію лісової екосистеми?



ЕКОСИСТЕМОЛОГІЯ: КОЛООБІГ РЕЧОВИНИ Й ЕНЕРГІЇ В ЕКОСИСТЕМАХ

Колообіг Нітрогену



**Прискорений мікрометод
Кьельдаля для визначення
загального Нітрогену
(у рослинному матеріалі,
органах
та молоці тварин)**

Матеріал озолують мокрим озоленням з сульфатною кислотою, а для прискорення мінералізації, крім того, додають пероксид водню. При мокрому озоленні Нітроген звільняється в формі аміаку, який зв'язується з сульфатною кислотою з утворенням сульфату амонію.

Цей розчин нейтралізують лугом, унаслідок чого виділяється аміак. Потім додають реактив Неслера (K_2HgJ_4), який з аміачним Нітрогеном утворює йодистий меркурій-амоній. Розчин набуває жовтого забарвлення, інтенсивність якого залежить від вмісту солей амонію. При високому вмісті Нітрогену забарвлення буде оранжеве. На фотоколориметрі визначають оптичну густину розчину із застосуванням синього світлофільтра або на спектрофотометрі при 410 нм, а потім за допомогою калібрувальної кривої розраховують вміст Нітрогену в досліджуваній пробі.

- Якщо берете зерно, то його попередньо потрібно змолоти на кавомолці

- Суху масу речовини визначте в окремій навязці, відваженій у доведеному до постійної ваги бюксі

Приготування реактиву Гроага. 0,15 г метилу червоного розчиніть у 102 мл етилового спирту (розчин а); 0,05 г метиленового блакитного розчиніть у 5 мл дистильованої води (розчин б); 100 мл розчину а і 4 мл розчину б змішують і зберігають у темній склянці.

Приготування реактиву Неслера $K_2(HgJ_4)$. 17,5 г йодистого калію розчиніть в 100 мл і 15 г хлорної ртуті у 300 мл дистильованої води і розчиніть в йодистому калії (17,5 г солі на 100 мл води); до цієї рідини додайте по краплях розчин хлорної ртуті (15 г $HgCl_2$ в 300 мл води) до появи червоного осаду, незникаючого при збовтуванні. Об'єм отриманого розчину доведіть дистильованою водою до 500 мл і охолодіть у крижаній воді.

Приготуйте розчин їдконого натрію: 50%-ного $NaOH$ стільки, щоб в даному об'ємі його вміст 105 г, розчиніть у 200 мл дистильованої води і також охолодіть у крижаній воді. Після цього обидва розчини змішайте і розведіть дистильованою водою до 1 л.

Прозору відстояну рідину злийте. Реактив готовий до використання. Зберігайте реактив у темному місці.

Мокре озолення

1. На аналітичних терезах (у пробірці) зважте 0,5 г сухої проби біологічного матеріалу або 5 мл молока і помістіть у колбу Кьельдаля ємністю 250 мл.

2. Мірним циліндром (або за допомогою автоматичної пікетки) в колбу долийте 10 мл концентрованої сульфатної кислоти (пит.вага 1,84), обережно перемішайте (легким покачуванням колби), щоб наважка була змочена кислотою і залишіть на ніч.

3. Вміст колби нагрійте на електроплитці або газовій горілці. Через 20-30 хв. додайте 1-2 мл 30% пероксиду водню та продовжте нагрівання. Час від часу нагрівання припиняйте і після деякого охолодження в колбу додавайте невелику кількість 30 %-го розчину пероксиду водню і знову нагрівайте до повного знебарвлення вмісту колби й одержання прозорого розчину.

Зв'язування кальцію та магнію в комплексні сполуки (для попередження випадання осаду при підлучуванні розчину)

4. По закінченні озолення вміст колби охолодіть і обережно розбавте дистильованою водою та перенесіть у мірну колбу на 250 мл, долийте до мітки дистильованою водою та добре перемішайте.

5. Після відстоювання візьміть піпеткою 10 мл розчину при аналізі рослинного матеріалу (або 5 мл у випадку проб органів і тканин тварин), помістіть у мірні колби на 100 мл, долийте 20-25 мл дистильованої води, 5 мл 25 %-го розчину сегнетової солі, киньте маленький шматочок лакмусового паперу та ретельно перемішайте.

Підлучування розчину

6. Проведіть нейтралізацію розчину. По краплях з бюретки додавайте 1н розчин $NaOH$ до посиніння лакмусового папірця, після чого об'єм розчину в колбі доведіть дистильованою водою до 80-90

мл. Закінчення нейтралізації визначте за поси-
нінням лакмусового папірця.

Утворення йодистого меркурій-амонію

7. До добре перемішаного розчину додайте (мір-
ним циліндром або піпеткою з гумовою грушею)
4 мл реактиву Неслера, знову перемішайте, об'єм
розчину доведіть до мітки дистильованою водою
і ще раз перемішайте.

8. Через 15 хв. фотоколориметром виміряйте оп-
тичну густину розчину (з зеленим світлофільтром)
і розрахуйте вміст Нітрогену за формулою:

$$C_N = C_x \cdot \frac{250}{V \cdot m}$$

де C_N - вміст Нітрогену в 1 кг сухої
проби, г
 C_x - кількість мг Нітрогену в 100 мл
колориметрованого розчину, знайде-
на за калібрувальною кривою;

250- загальний об'єм розчину, одержаний після мок-
рого озолення, мл;

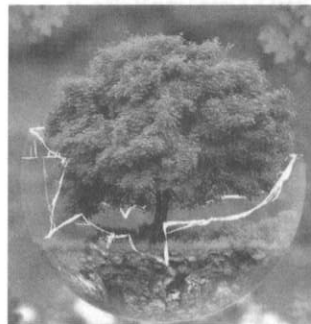
V - об'єм, узятий у мірну колбу для колориметруван-
ня;

m - наважка сухої проби аналізованого матеріалу, г
(або л)

Для перерахунку даних на природну вологість їх
множать на коефіцієнт гігроскопічності:

$K_g = 100 - x / 100$, де x - процент вологи.

При визначенні Нітрогену в органах і тка-
нинах тварин одержаний після мокрого спалю-
вання розчин необхідно розвести в 10 разів: 10
мл розчину внесіть у мірну колбу на 100 мл і до-
дайте до мітки 1 н розчин H_2SO_4 . Результат ви-
значення в цьому випадку помножте на 10.



Визначення білкового та небілкового Нітрогену

При визначенні Нітро-
гену, який входить до скла-
ду білкових речовин, білки
відділяють від інших Нітро-
генистих речовин осаджен-
ням і наступним фільтру-

ванням. На фільтрі (осад) залишається Нітроген
білків, а у фільтрат переходить Нітроген неорган-
ічних сполук (небілковий). Нітроген визначають
за допомогою реактиву Неслера.

1. Наважку добре подрібненого матеріалу, в якій
міститься 3-5 мг білкового Нітрогену, перенесіть
у стакан ємністю 100 мл, додайте 50 мл дисти-
льованої води, нагрітої до 50-60 °С.

2. Стакан нагрівайте протягом 10 хв. на кипля-
чій бані при помішуванні скляною паличкою

♦ При аналізі матеріалу, який містить велику
кількість крохмалю (насіння злакових і зернобо-
бових культур) вміст стакана нагрівайте на во-
дяній бані, яка має температуру не вище 50-60
°С, оскільки при більш високій температурі кро-
хмаль клейстеризується і подальше фільтру-
вання ускладнюється.

3. Після короткочасного нагрівання проведіть
осадження білків 50%-трихлороцтовою кислотою
(ТХО). Для цього у стакан при помішуванні до-
дайте 10 мл 5%-го ТХО і після відстоювання про-
тягом 30-40 хв. вміст відфільтруйте в мірну кол-
бу на 100 мл. Стакан і осад на фільтрі промийте
кількома порціями 2%-ї ТХО.

4. По закінченні фільтрування фільтр разом з воронкою перенесіть у термостат і висушіть протягом 1-1,5 години при температурі 50-60 °С.

5. Коли папір почне легко відділятися від воронки, фільтр разом з осадом перенесіть у пробірку і визначте Нітроген за Неслером так само, як при визначенні загального Нітрогену.

Визначення небілкового Нітрогену

Після фільтрування білкового Нітрогену в колбу ємністю 100 мл її вміст доведіть дистильованою водою, яка не містить аміак, до мітки.

Візьміть 25 мл фільтрату і перенесіть у пробірку для того, щоб визначити загальний вміст небілкового Нітрогену.

Фільтрат, який залишився у колбі, використайте для визначення окремих небілкових сполук Нітрогену. При цьому всі небілкові форми Нітрогену визначають в одній наважці.

Принцип визначення **різних форм небілкового Нітрогену** базується на послідовному витісненні Нітрогену різних небілкових сполук (аміачного, амідного та нітратного) у замкненому просторі й уловлюванні Нітрогену, який виділяється титрованою кислотою. Аналіз проводьте в невеличких ексикаторах з притертими кришками.

Визначення аміачного Нітрогену

20 мл фільтрату налийте у фарфорову чашку і поставте на дно ексикатора. Зверху покладіть спеціальну решітку з невеликими отворами, на неї поставте як приймач аміаку фарфорову чаш-

ку, в яку з мікробюретки налийте 10 мл титрованої 0,01н H_2SO_4 та 2-3 краплі змішаного комбінованого індикатора (кислота в прийомнику забарвлюється в червоний колір).

Ексикатор закрийте змащеною по шліфу вазеліном кришкою так, щоб залишилася невелика щілина для введення реактиву, який витісняє аміак. Через цю щілину й отвір у решітці піпеткою в нижню чашку з досліджуваним розчином обережно внесіть 10 мл насиченого розчину поташу (K_2CO_3) або оксиду магнію. Після цього ексикатор швидко повністю закрийте кришкою.

Унаслідок піддування дослідженого розчину виділяється аміачний Нітроген, який поглинається кислотою у прийомнику. Тривалість реакції залежить від кількості аміачного Нітрогену в досліджуваному розчині, температури та визначається дослідним шляхом.

Здебільшого при кімнатній температурі ексикатори витримують 1-2 доби.

Якщо з виділенням аміаку рідина в прийомнику набуває зеленого кольору (вся кислота зв'язалася виділеним аміаком), додайте ще 5-10 мл 0,01 н H_2SO_4

По закінченні поглинання виділеного аміаку кислотою прийомник вийміть з ексикатора і невикористану кислоту відтитруйте з мікробюретки 0,01 н $NaOH$ до переходу рожевого забарвлення рідини через фіолетове в яскраво-зелене.

Визначення вмісту амідного Нітрогену

Після титрування в прийомник налийте нову порцію (10 мл) 0,01 н H_2SO_4 , додайте змішаний індикатор і поставте прийомник в ексикатор на

те ж саме місце (нижню чашку з досліджуваним розчином з дна ексикатора не виймайте).

Закривши ексикатор, залишіть невелику щілину, як в попередньому випадку, в нижню чашку з досліджуваним розчином додайте піпеткою 10 мл 40%-го лугу (NaOH). Потім ексикатор герметично закрийте і залишіть на 1-2 доби. Під дією лугу відбувається гідроліз амідів і виділяється аміак.

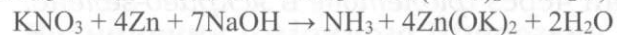
Після закінчення гідролізу амідного Нітрогену та зв'язування виділеного аміаку кількість кислоти, яка залишилась у прийомнику, відтитруйте, як у випадку визначення аміачного Нітрогену 0,01 н NaOH.

Визначення нітратного Нітрогену

Після визначення вмісту амідного Нітрогену в тому ж зразку проведіть визначення кількості нітратного Нітрогену. Для цього в прийомник знову налейте 10 мл 0,01 н H_2SO_4 , а в нижню чашку в цьому випадку додайте 0,1 г тонко помолотого сплаву Дебарда.

Закриті ексикатори залишіть на 1-2 доби при кімнатній температурі або на 8 - 10 г при 50-60 С.

Внаслідок взаємодії сплаву Дебарда з нітратами, які містяться в досліджуваному розчині, у лужному середовищі нітрати відновлюються до аміаку, який виділяється в газоподібній формі. Схематично цю реакцію можна зобразити так:



Після закінчення процесу відновлення нітратів і зв'язування аміаку кислотою, яка залишилась у прийомнику, відтитруйте 0,01 н NaOH, як зазначено вище.

Визначення аміачного Нітрогену

Кількість аміачного Нітрогену у зразку знайдіть за різницею між сумарним небілковим Нітрогеном (у %) та сумою аміачного, амідного та нітратного Нітрогену в аналізованому зразку (у %). Результат буде приблизним.

Обрахунок результатів

Кількість усіх форм небілкового Нітрогену визначте за формулою:

$$X = \frac{a \cdot T \cdot 0,14 \cdot 100 \cdot 100}{H \cdot 20}, \text{ де}$$

X – вміст форми небілкового Нітрогену, %;

a – кількість 0,01 н H_2SO_4 , витраченої на зв'язування аміаку, що виділився.

T – поправка до титру 0,01 н H_2SO_4 ;

100- коефіцієнт для переведення у відсотки;

100 та 20 – відповідне розведення.

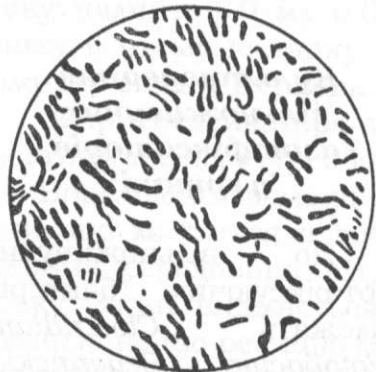


Культивування вільноживучих азотфіксаторів у ґрунті

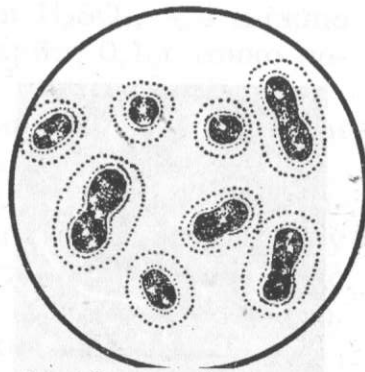
До вільноживучих азотфіксуючих бактерій належать *Clostridium*, *Azotobacter*, *Beijerinckia*, деякі спірили, сірчані бактерії, дріжджі й синьо-зелені водорості (*Nostacaceae*, *Anabaena*, *Trichodesium*). В анаеробних умовах фіксацію молекулярного нітрогену проводять *Clostridium pasteurianum*. Цей мікроб

як джерело карбону використовує вуглеводні й органічні кислоти. Активність азотфіксації *Clostridium pasteurianum* складає 10-12 мг нітрогену на 1 г спожитої органічної речовини. *Clostridium pasteurianum* у молодих культурах має вигляд прямих паличок з закругленими кінцями розміром 2,5-7,5 x 0,5 мкм.

Палички розміщені поодиноці чи парами та мають велику кількість джгутиків-перитрихів. При старінні клітини набувають характерної веретеноподібної форми з округлою спорою, розташованою ближче до одного з кінців. Спори не зафарбовуються, овальної форми, формуються центрально, при цьому клітини-спороносці набувають форми лимона. У протоплазмі клітин накопичується велика кількість гранулози, яка з йодом дає блакитне забарвлення. Колонії білуваті, гладкі, блискучі.



Clostridium pasteurianum



Azotobacter chroococcum
Beijerinck

Азотобактер – облігатний аероб, як джерело карбону використовує органічні кислоти, вуглеводні, спирти. *Азотобактер* чутливий до вологості

грунту і вмісту у ньому мінеральних елементів – Р, К, Мо, В.

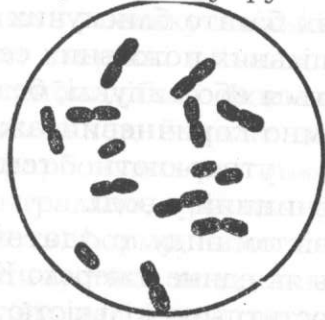
Azotobacter chroococcum Beijerinck – найрозповсюдженіший вид. Це рухливі клітини розміром 2-7x1,5-2,5 мкм. У молодих культурах паличкоподібні, розміром 3-7 мкм, з віком набувають кулястої форми. Клітини об'єднані парами чи більш крупними групами й оточені великою слизовою капсулою. У клітинах багато блискучих зерен волютину. Колонії на щільних поживних середовищах слизькі, розтікаються або випуклі, безбарвні або зафарбовані в темно-коричневий аж до чорного кольору. Вони утворюють темно-коричневий пігмент, нерозчинний у воді.

Характерною особливістю виду є здатність використовувати крохмаль як єдине джерело Карбону. На середовищах з достатньою кількістю поживних речовин всередині клітин накопичується велика кількість зерен крохмалю. Зерна сильно заломлюють світло, завдяки чому при розгляді під мікроскопом незафарбованих препаратів мають зеленуватий відтінок. *Azotobacter chroococcum* зв'язує до 20 мг атмосферного нітрогену на 1 г зброженого цукру.

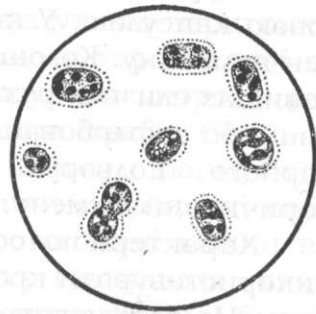
Azotobacter agile Beijerinck – крупні, кулясті або дещо овальні (2,5x5,5 мкм), дуже рухливі клітини, об'єднані найчастіше парами. Протоплазма гомогенна з крупними зернами запасної речовини. Навколо клітин є тонкий поясок слизуватої капсули; виділяє у середовище жовтий або зеленуватий пігмент. Засвоює до 10-15 мг нітрогену на 1 г енергетичного матеріалу.

Найчастіше зустрічається у прісних водоймах. Колонії гладкі, волого-блискучі.

Azotobacter vinelandii Zipman – дрібні (0,8x2,5 мкм), рухливі, перетрихіально джгутико-ві палички. З віком клітини вкорочуються і набувають кулястої форми. Плазма однорідна, зернистих вкраплень не має. Колонії гладкі, блискучі, слизькі, прозорі. На середовищах утворюють синьо-зелений пігмент. Зв'язує приблизно 15 мг нітрогену на 1 г цукру.



Azotobacter agile Beijerinck



Azotobacter vinelandii
Zipman

Azotobacter beijerinckii – дещо овальні, крупні (3,5-6,5x2-2,5 мкм) із заокругленими кінцями клітини, з'єднані попарно в тетради і короткі ланцюжки. Клітини нерухомі, оточені слизовою капсулою, утворюють світло-коричневий або жовтий пігмент, нерозчинний у воді. Оптимум рН 4,5-5,5.

Azotobacter indicum – паличкоподібні клітини розміром 1,5-3x0,5-1,5 мкм з крупними зернами жиру і великими слизовими капсулами.

Утворює іржаво-червоні та коричнево-червоні пігменти. Не росте на середовищах з натуральним білком, однак додавання до поживного середовища невеликої кількості нітрогенвміс-

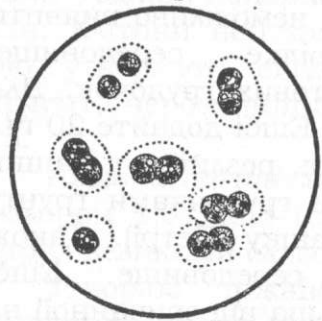
них сполук (солей амонію пептону, гідролізату казеїну) стимулює ріст мікроорганізму. Усі перераховані види азотобактеру належать до аеробних мікроорганізмів і ліпше розвиваються за вільного доступу повітря. Для більшості видів оптимум рН 7,2-8,0.

Кількісне визначення діазототрофів. Висійте ґрунтову суспензію методом розведень на електричне безазотисте середовище Ешбі з манітом (джерело Карбону). Колби закрийте ватними корками, підпишіть і поставте у термостат за температури 28-30°C. Через 5-7 діб на поверхні середовища утворюється коричнево-бура плівка аеробних видів азотобактера. Разом з азотобактером на середовищі Ешбі розвиваються численні мікроорганізми, котрі використовують дуже мало нітрогену (сліди), або здатні фіксувати азот атмосфери часто меншою мірою, ніж азотобактер. Їх об'єднують під загальною назвою – *олігонітрофіли*.

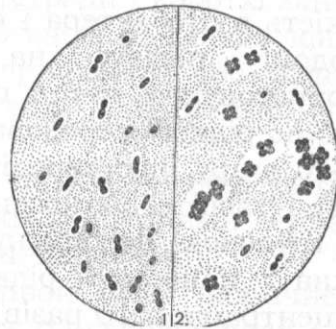
Виділення азотобактера методом посіву грудочок ґрунту на агаризоване середовище Ешбі в чашки Петрі. Якщо у ґрунті наявна невелика кількість азотобактера і його неможливо виявити методом посіву на рідке середовище, використовують метод ґрунтових грудочок. Для цього до рідкого середовища Ешбі додайте 20 г/л 2 %-го агару, простерилізуйте, розлийте у чашки Петрі і засійте зволженими грудочками ґрунту (50 грудочок на кожную чашку Петрі). Також можна нанести рідке середовище Ешбі (концентрація в 10 разів більша від звичайної) на пластинку вилуженого агару або силікагелю. Для цього 2 мл середовища Ешбі нанесіть на пластинку агару або силікагелю у чашку Петрі.

На пластинки з поживним середовищем розкладіть грудочки ґрунту приблизно на відстані 1 см. Кінець скляної палички змочіть стерильною дистильованою водою, захопіть невелику грудочку ґрунту і висійте. Для посіву використовуйте трафарет з міліметрового паперу, який підкладіть під чашку Петрі. На чашку висійте 50-60 грудочок ґрунту. Засіяні чашки Петрі помістіть у термостат за температури 28-30°C. На 5-7-му добу навколо грудочок ґрунту розвиваються слизисті колонії азотобактера. Для кількісного підрахунку азотобактера підрахуйте число грудочок, що дали початок колоніям, визначте відсоток від загальної кількості грудочок, висіяних на чашку Петрі.

Для отримання накопичувальної культури анаеробної бактерії *Clostridium pasteurianum* середовище налийте у пробірки високим шаром, засійте грудочкою ґрунту і пастеризуйте 10 хв при 80°C. Через 2-3 доби середовище мутніє, рідина в пробірці піниться і виділяє запах масляної кислоти, що свідчить про розвиток у середовищі *Clostridium pasteurianum*.



Azotobacter beijerinckii



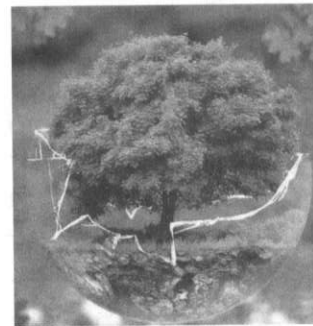
Azotobacter:

1 –поодинокі та подвійні клітини з капсулами; 2 – сарцинна форма з капсулою

Утворення масляної кислоти в середовищі визначте за реакцією з хлорнокислим залізом. 5 мл рідини з колби перенесіть в пробірку, додайте 2 мл 10%-ного розчину хлорнокислого заліза і нагрійте до кипіння. Розчин маслянокислого заліза, що утвориться в прохідному світлі має криваво-червоний колір.

Для вивчення морфології мікроорганізмів приготуйте два препарати: один із плівки на поверхні середовища для виділення азотобактера, його зафарбуйте фуксином. Другий – прижиттєвий приготуйте із нижніх шарів рідини для вивчення *Clostridium pasteurianum*.

Щоб розглянути слизові капсули живі клітини негативно контрастуйте чорною тушшю. *Cl. pasterianum* зафарбуйте розчином Люголя. Препарат розгляньте з використанням МІ-90. Вивчіть морфологічні особливості бактерій і замалюйте. Колонії розгляньте і опишіть, приготуйте мазки для вивчення морфології мікробів



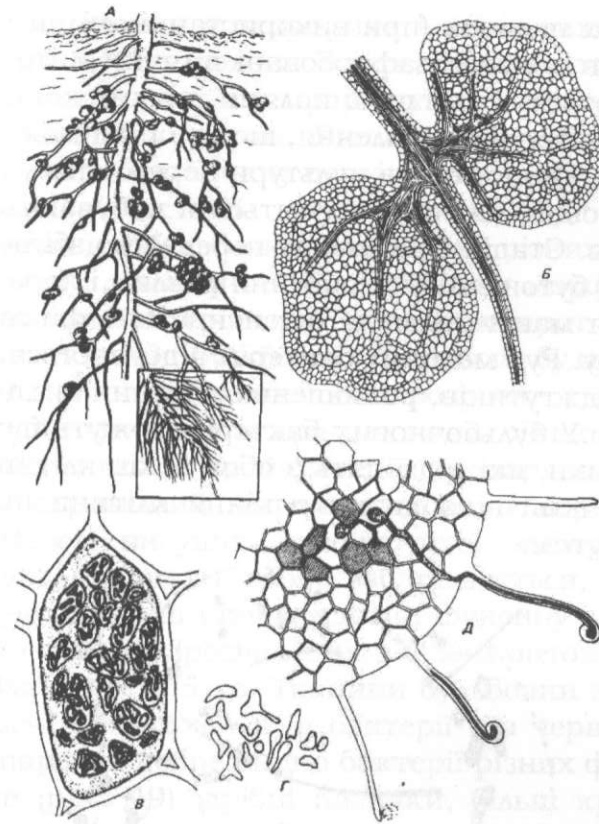
Виявлення симбіотичних азотфіксаторів у ґрунті

У процесі еволюції деякі мікроорганізми набули здатності до життя і розмноження не лише на поверхні коренів, а й у глибині їх тканин. До таких бактерій відносяться так звані бульбочкові бактерії роду *Rhizobium*. Бульбочкові бактерії можуть існувати довгий час у ґрунті як

звичайні сапрофіти, подібно до корневих і ризосферних бактерій. Вони можуть розмножуватись у ґрунті, живитися за рахунок кореневого осмосу різних, в тому числі і не бобових, рослин. Бульбочкові бактерії – облігатні аероби, мають вигляд невеликих, дещо вигнутих, рухомих паличок із заокругленими кінцями, спор не утворюють. потрапляють у рослини через кореневий волосок, утворюючи в ньому інфекційну нитку, яка містить велику кількість бактерій. Клітини ендодерми кореня, інфіковані бульбочковими бактеріями, активно діляться, утворюючи бульбочки. Бульбочки утворюються на коренях понад 1300 видів бобових рослин. Їх форма і розміри неоднакові: в конюшини вони продовгуваті, дрібні, в гороху – округлі, крупні, у квасолі та сої – до 1 см, у люпину – до розмірів грецького горіха.

Бульбочкові бактерії окремих видів рослин морфологічно різні, а саме: у люцерни більш товсті та короткі (до 2 мкм), покриті слизом; у гороху та віки довжина паличок сягає 3,5-4 мкм, а крупні бактерії люпину та квасолі (3,5 мкм) сильно вигнуті і покриті слизом. Бактерії люцерни та квасолі на препаратах мають характерне зірчасте розміщення клітин.

Бульбочкові бактерії володіють вибірковою здатністю вступати в симбіоз з різними бобовими рослинами: бактерії гороху – *Rhizobium leguminosarum*, квасолі – *Rhizobium phaseoli*, сої – *Rhizobium japonicum*, люпину – *Rhizobium lupini*, вигни – *Rhizobium vicia*, нуту – *Rhizobium cicer*, люцерни і конюшини – *Rhizobium trifolii*, еспарцету – *Rhizobium simplot*, лядвинця – *Rhizobium lotus*, акації – *Rhizobium robinii*.



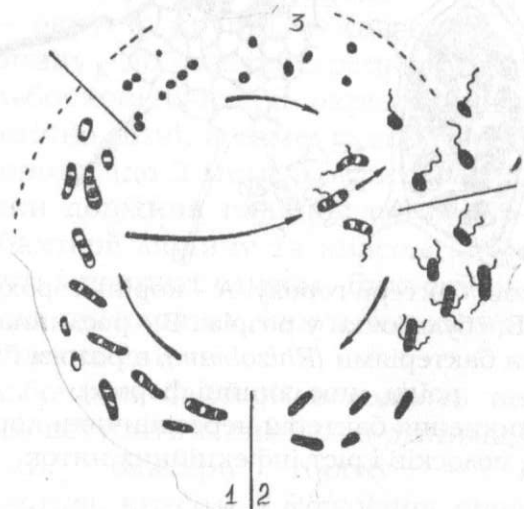
Бульбочкові бактерії гороху. А – корінь гороху з бульбочками. Б – бульбочки у розрізі. В – рослинна клітина, заповнена бактеріями (*Rhizobium*), в розрізі Г – бактероїди, інволюційні форми.

Д – проникнення бактерій через кінчики корневих волосків і ріст інфекційних ниток

Вони проходять особливий цикл розвитку. У молодих культурах розмір коливається від 0,5x1 до 1x7 мкм.

Rhizobium – короткі рухливі палички, з віком втрачають рухливість і переходять у стадію посму-

гованих паличок (при використанні анілінових барвників яскраво зафарбовані ділянки цитоплазми чергуються зі світлими полями, в яких концентруються жирові вкраплення, що не сприймають барвники). При старінні культури переходять у стадію бактероїдів. Клітини галузяться й набувають форм коралів. Стадія бактероїдів переважно збігається з фазою бутонізації та цвітіння рослин і характеризується максимальною інтенсивністю фіксації нітрогену. Рух молодих бактерій відбувається за рахунок джгутиків, розміщених у різних видів неоднаково. У бульбочкових бактерій можуть бути два джгутики, які відходять з обох боків клітини, або один, який відходить від кінця клітини під прямим кутом.



Цикл розвитку бульбочкової бактерії (за Торнтоном): 1 - посмуговані палички, 2 - палички, 3 - коки

Бульбочкові бактерії вирошені на поживних середовищах, є дрібними рухомими грамнегати-

вними паличками – перитрихи і монотрихи. Виділити їх з ґрунту важко. У середовище розміщують стерильне насіння, пророщують і заражують досліджуваним ґрунтом. Якщо через 2-3 тижні утворюються бульбочки, це означає, що в ґрунті є бульбочкові бактерії.

Розгляньте бульбочки на коренях різних бобових рослин і замалюйте. Для вивчення морфології бульбочкових бактерій приготуйте препарат з бактероїдної тканини бульбочок. Для цього бульбочку покладіть на предметне скло, розріжте і відіжміть крапельку соку в краплю води. Якщо бульбочка маленька – зруйнують її препарувальною голкою, отриманий матеріал добре розітріть по склу. Мазок висушіть, зафіксуйте, зафарбуйте фуксином. Препарат добре забарвлюється, використовуючи суміш рівних частин фуксину і метиленового синього, розведених в 1 %-й оцтовій кислоті. Фарбуйте 3-5 хв. Тканини бульбочки забарвлюються в синій колір, а бактерії – в червоний. На препаратах добре видно бактерії різних форм і розмірів (рис. 49), дрібні палички, більш крупні, посмуговані палички і бактероїди. Переважання тієї чи іншої форми залежить від віку бульбочки і фази розвитку рослини.

Виділення бульбочкових бактерій у чисту культуру. Розігрійте бобовий агар розлийте в стерильні чашки Петрі і дайте пластинкам застигнути. Бульбочки добре промийте від ґрунту і занурте на 5 хв в 0,1%-ний водний розчин сулеми, промийте дистильованою водою, витримайте 1 хв у 96 % спирті і знову добре промийте водою. Після обробки найбільшу бульбочку перенесіть в чашку Петрі в краплю води і роздавіть пінцетом. Мікро-

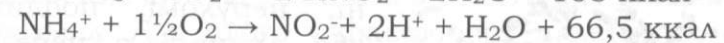
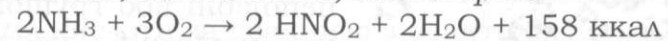
біологічною петлею краплю соку перенесіть на середину бобового агару в чашку Петрі. Шпателем Дригальського зробіть посів виснажуючим мазком ще на дві чашки. Чашки Петрі помістіть у термосат при температурі 25-28°C. Колонії бульбочкових бактерій, що швидко ростуть (люцерни, гороху) з'являються на 4-5 день, а тих, що повільно ростуть (люпину, сої) – лише на 9-10 добу. Колонії білуваті (*Vas. radicola*), слизуваті, розвиваються на поверхні середовища і в товщі бобового агару. Колонії промікроскопіюйте і опишіть. Приготуйте мазки для вивчення морфології бактерій. Мазки зафіксуйте, зафарбуйте метиленовим синім і розгляньте під мікроскопом. Відмітьте фазу розвитку бульбочкових бактерій, замалюйте.

Виявлення симбіотичних азотфіксаторів у ґрунті. Горщики з ґрунтом (дев'ять штук) простерилізуйте в автоклаві або печі та підпишіть. У три горщики додайте по 2 г нітрату натрію. Розітріть у ступці 5-6 бульбочок, коренів конюшини, розбавте водою і додайте суспензію порівну у три інші горщики. Три горщики, що залишилися, позначте як контрольні. В усі дев'ять горщиків висійте однакову кількість насіння конюшини, вимоченого у воді. Проведіть спостереження за ростом рослин у горщиках упродовж 2 тижнів, результати спостережень зафіксуйте і зробіть висновки.



Визначення нітрифікуючих бактерій у ґрунті (на середовищі С.Н Виноградського)

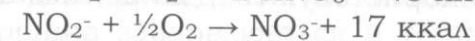
Нітрифікація – це процес окиснення амоніаку і солей амонію до нітритів і нітратів. Процес нітрифікації протікає у дві фази і здійснюють його відповідно дві групи нітрифікуючих бактерій. У першій фазі нітрифікації відбувається окиснення амоніаку до азотистої кислоти за участю нітрозних бактерій: *Nitrosomonas*, *Nitrosolobus*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospira*.



Найбільш досліджений *Nitrosomonas europaea* – клітини кокоподібні або овальні, розміром 0,5-1,5 мкм, рухомі, з довгими полярно розміщеними джгутиками.

Nitrosocystis – коки діаметром 1,5 мкм, утворюють скупчення, об'єднані загальною слизовою капсулою. Зустрічаються в океанах.

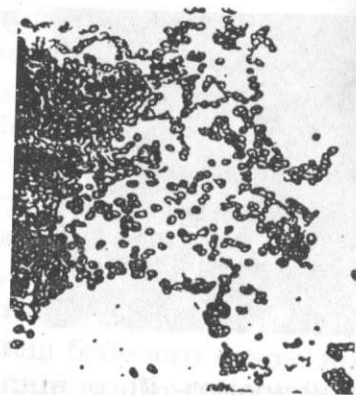
Nitrosospira – клітини спіралеподібної форми, різної довжини, до 15-20 мкм. Розвивається на цілинних ґрунтах. У другій фазі нітрифікації азотиста кислота окислюється до азотної:



Цей процес ведуть нітратні бактерії родів *Nitrobacter*, *Nitrospira* та інші.



Nitrosomonas



Nitrosocystis



Nitrosospira

Nitrobacter – малі палички 1,0-1,2 мкм, округлі, яйцеподібні або грушоподібні, нерухомі, поодинокі або з'єднані в невеликі групи, оточені слизовою капсулою. Відомо два види: *Nitrobacter winogradskii* і *Nitrobacter agilis*.

Мікроорганізми, що здійснюють першу і другу фази нітрифікації, відносять до хемолітоавтотрофів, вони облігатні аероби. Енергію, що виділяється при окисненні амоніаку та нітриту, бактерії використовують для асиміляції оксиду карбону.

Для культивування нітрифікуючих бактерій використовуйте стерильні середовища С.М.Виноградського (г/л дист. води).

Для першої фази нітрифікації: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ –

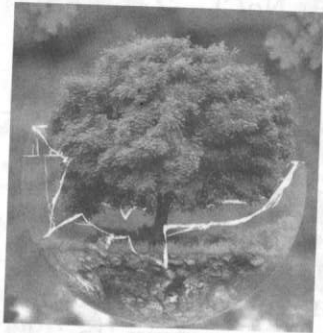
2,0; K_2HPO_4 – 1,0; MgSO_4 – 0,5; NaCl – 2,0; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,4; CaCO_3 – 5,0.

Для другої фази нітрифікації: NaNO_2 – 1,0; Na_2CO_3 – 1,0; NaCl – 0,5; K_2HPO_4 – 0,5; MgSO_4 – 0,5; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,4.

Середовища простерилізуйте 20-30 хв в автоклаві і розлийте в Ерленмеєрівські колби шаром 1,0-1,5 см проведіть зараження грудочками парникового ґрунту. Колби закрийте ватними корками і поставте у термостат за температури 25-28°C на 14-21 день. Зміна складу середовища в колбах свідчатиме про хід нітрифікації.

У колбі з середовищем для першої фази нітрифікації проведіть якісну реакцію на наявність амоніаку з реактивом Неслера та утворення азотистої кислоти за реакцією з реактивом цинк-йод-крохмал. Для цього у фарфорову палетку до 3-х крапель цинк-йод-крохмалю додайте 1 краплю 20 %-го розчину H_2SO_4 і одну краплю досліджуваної рідини. У присутності азотистої кислоти рідина забарвлюється в темно-синій колір.

У колбі з середовищем для другої фази нітрифікації перевірте наявність залишків азотистої кислоти реактивом цинк-йод-крохмал і утворення азотної кислоти в реакції з дифеніламіном. У фарфорову палетку внесіть 3-4 краплі H_2SO_4 (конц), додайте кристалик дифеніламіну, після його розчинення додайте одну краплю досліджуваного середовища для другої фази. За наявності азотної кислоти рідина забарвлюється в темно-синій колір. За інтенсивністю забарвлення зробіть висновок про накопичення нітратів і нітритів. З рідини в колбах приготуйте мазки, зафарбуйте, промікроскопійте і замалюйте.



Визначення загальної нітрифікуючої здатності ґрунту

Існує ряд методів, які дозволяють визначити сумарний ефект діяльності мікрофлори ґрунту за хімічними показниками. До таких методів належать визначення нітрифікуючої здатності ґрунту, яка показує енергію нітратонакопичення у ґрунті під дією мікроорганізмів.

Приготування дисульфифенолової кислоти: 3 г чистого фенолу змішайте з 37 г (20,1 мл) концентрованої сірчаної кислоти (густина 1,84) і прогрійте протягом 6 годин на киплячій водяній бані. Колбу, в якій проходить реакція, закрийте притертим корком з довгою скляною трубкою (зворотнім холодильником).

Приготування контрольного розчину нітрату: 0,1631 г хімічно чистого сухого KNO_3 розчиніть в 1 л дистильованої води. У чисту колбу налейте 100 мл цього розчину і доведіть до 1 л дистильованою водою. Цей розчин є робочим і містить у 1 мл 0,01 мг NO_3 або 0,00225 мг Нітрогену.

Приготування 10 %-го розчину аміаку: водний розчин аміаку з густиною 0,9 розбавте водою у співвідношенні 1:1.

Проведіть компостування 100, 50 або 25 г ґрунту. Для цього наважку ґрунту помістіть у чашку Петрі і добре перемішайте з розчином сірчаноокислого амонію або люпиновою мукою, ґрунт зволожите до 60 % від повної його вологості.

ності. Чашки помістіть у термостат при температурі 25 – 27 °С. По закінченні терміну компостування (2-3 тижні) визначте нітрати колориметричним методом за Гранвальд-Ляжем.

Для визначення нітрифікуючої здатності користуються методом компостування ґрунту при оптимальних умовах температури та вологості, а також додаванням різних джерел Нітрогену. Дослід проводьте у трьох варіантах:

- контроль – компостування зразка зволоженого ґрунту;
- дослід з внесенням сірчаноокислого амонію;
- дослід з внесенням люпинового борошна.

Сірчаноокислий амоній і люпинове борошно внесіть із розрахунку 30 мг Нітрогену на 100 г ґрунту. Для сірчаноокислого амонію це відповідає 0,14 г, для люпинового борошна приблизно 0,6 г. Вміст Нітрогену в люпині визначте перед дослідом.

Сірчаноокислий амоній внесіть у розчині, люпинове борошно в порошок. Люпинове борошно може бути замінене гороховим або насінням інших рослин, які містять велику кількість білка.

Дослід зручно проводити у глибоких чашках Петрі. Візьміть наважку ґрунту не більше 50 г і додайте до неї необхідну кількість сірчаноокислого амонію та муки. Після внесення азотовмісного матеріалу, ґрунт зволожите до 60 % від повної вологості та перемішайте. Розрахунок кількості води, яку потрібно додати до ґрунту проведіть аналогічно описаному у попередній роботі. Дослід закладіть на 15 днів або на інші вказані терміни. Протягом усього дослідження вологість ґрунту підтримуйте на одному і тому ж рівні. На відміну від аміаку, нітрати в ґрунті знаходяться в розчинен-

ному стані (нітрати адсорбуються ґрунтом), тому їх легко можна вилучити водою. По закінченні терміну компостування проведіть водне вилучення нітратів, колориметрично за методом Грандваль-Ляжу. До ґрунту в 5-кратному об'ємі додайте воду з розрахунком вологи, що вже є у ґрунті, збовтайте 3 хв. і профільтруйте через щільний складчастий фільтр. На лійку перенесіть витяжку разом з ґрунтом. Якщо фільтрат мутний, то його знов перенесіть на той самий фільтр до отримання абсолютно прозорого фільтрату. Якщо не вдається отримати прозорий фільтрат, як це буває при аналізі солонцюватих ґрунтів, то до фільтрованої витяжки додайте сульфат алюмінію (13 г $Al_2(SO_4) \cdot 18H_2O$ в мл дистильованої води), з розрахунку 0,6-2,0 мл на 100 мл витяжки, та луґу 0,4-1,6 мл (7 г КОН в 100 мл дистильованої води). Добре знебарвлюються зафарбовані витяжки активованим вугіллям (3 г на 500 мл водної витяжки).

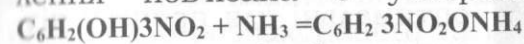
З отриманого прозорого фільтрату візьміть піпеткою 25 або 50 мл, помістіть у фарфорову чашку діаметром 7 – 10 см і випаруйте над водяною банею до суха. Одночасно проведіть випаровування до суха 10, 25 та 50 мл стандартного розчину. Після упарювання в кожну чашку (з дослідним і контрольними розчинами) додайте по 1 мл дисульфогенолової кислоти. Через 10 хв. уміст чашки розмішайте скляною паличкою. У результаті реакції між нітратами та дисульфогеноловою кислотою утворюється тринітрофенол:



дисульфогенолова кислота нітрати тринітрофенол

кислота

Через 10 хв. у всі чашки додайте по 10 мл води і потім та по краплях при постійному перемішуванні паличкою 10%-й розчин аміаку, КОН або NaOH, до посиніння червоного лакмусового папірця. Якщо в розчині є нітрати, вони зафарбуються в жовтий колір. Поява жовтого забарвлення пов'язана з утворенням нітросполук:



тринітрофенол жовта нітросполука

Отримані забарвлені розчини перенесіть у мірні колби ємністю 100 або 50 мл і доведіть дистильованою водою до мітки. Зразки проколориметруйте відносно того контрольного розчину, котрий ближчий за забарвленням.

Кількість нітратів виразіть у мг NO_3 на 100 г сухого ґрунту, вирахувавши за формулою:

$$\frac{a \cdot b \cdot h \cdot v \cdot 100 \cdot 0,226}{h_1 \cdot v_1 \cdot c}$$

a – титр контрольного розчину (який містить NO_3 в 1 мл в мг);
b – кількість контрольного розчину, взятого для випаровування в мл;

h – висота контрольного розчину в колориметрі;

v – розведення дослідної витяжки;

h_1 – висота дослідного розчину в колориметрі;

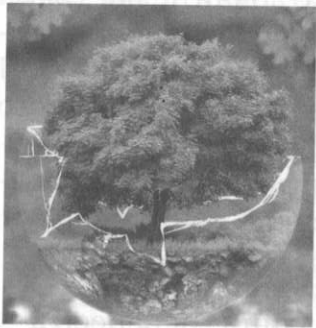
v_1 – розведення контрольного розчину;

c – кількість г абсолютно сухого ґрунту, відповідного об'єму дослідного розчину, взятого для аналізу;

100 – коефіцієнт для перерахунку на 100 г ґрунту.

0,226 – коефіцієнт для перерахунку NO_3 в N

Кількість накопичених нітратів у ґрунті визначте за різницею між вмістом їх до та після компостування. Енергія нітратонакопичення може бути показником потреби ґрунтів у добривах, якщо її визначати не тільки при одному зволоженні, але і при внесенні сульфату амонію, крейди або люпинового борошна.



Визначення нітрифікації за Краковим

Для визначення частки мобілізованого Нітрогену, ґрунт на 12 діб помістіть в оптимальні для процесу нітрифікації умови: температура – 28°C, вологість – 60%

капілярної вологості ґрунту, вільний доступ кисню. Під рослинним покривом також йде нітрифікація, але там Нітроген нітратів швидко поглинається кореневою системою рослин. Створюючи в термостаті оптимальні умови для нітрифікації, в більш короткий термін можна визначити інтенсивність цього процесу та потенціальні можливості процесу нітрифікації і відповідно забезпечення урожаю Нітрогеном самого ґрунту.

Нітрифікуюча здатність ґрунту визначається в природному стані, при внесенні в ґрунт добрива (0,14 мг сульфату амонію відповідає 30 мг Нітрогену) та вапна (0,5 г) для видалення надлишкової кислотності.

На технічних вагах зважте три наважки ґрунту по 100 г (свіжий і просіяний через сито з діаметром отворів 3 мм), одночасно візьміть 10 г ґрунту для визначення вологості ґрунту: одну наважку природного ґрунту перенесіть у склянку, легенько ущільнюючи її маточкою; другу – перенесіть у фарфорову велику чашку, додайте 0,14 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, добре перемішайте і перенесіть у другу склянку; – перенесіть у фарфорову чашку, до-

дайте 0,14 г $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ і 0,5 г CaCO_3 , добре перемішайте і перенесіть склянку, легенько ущільніть ґрунт маточкою.

Визначивши вологість ґрунту (висушувати в сушильній шафі в бюксі при 105° до постійної ваги), розрахуйте вологості ґрунту. У склянки з ґрунтом долейте по вазі дистильовану воду з піпетки до розрахованого та підписаної на склянці контрольної ваги. Поставте у термостат (28°C), періодично додаючи воду протягом всього періоду компостування (60% ППВ). Після 12 днів компостування визначте вміст нітратів у ґрунті (компості).



Визначення денітрифікуючих бактерій у ґрунті

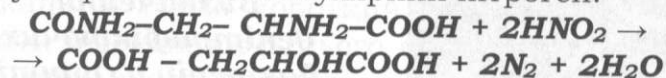
Денітрифікація

– процес поступового відновлення нітратів до нітритів і далі до вільного молекулярного нітрогену. Процес денітрифікації проходить за таких умов: висока вологість ґрунту, погана аерація, надлишок легко засвоюваних безнітрогенистих органічних сполук і нітритів, поганий дренаж, рН 7,0-8,2. Розрізняють *пряму* та *опосередковану* денітрифікацію. *Пряма* денітрифікація це біологічне відновлення нітратів, а *опосередкована* – хімічне. *Пряма* (біологічна) денітрифікація поділяється на асиміляторну та дисиміляторну. У процесі асиміляторної денітрифікації нітрати відновлюються до

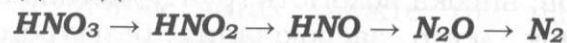
амоніаку. При дисиміляторній денітрифікації (нітратному диханні) відновлення нітратів відбувається в результаті життєдіяльності особливої групи бактерій. Цей процес небажаний, оскільки легкодоступні й добре засвоювані рослинами нітрогенисті сполуки втрачають нітроген.

Мінеральний нітроген переходить у газоподібну форму і не може засвоюватися рослинами. Втрати нітрогену в процесі денітрифікації можуть сягати 20%.

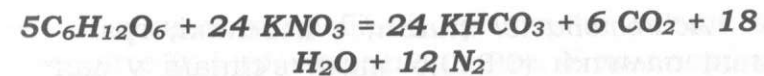
Опосередкована денітрифікація відбувається в результаті чисто хімічної взаємодії між амінокислотами, амінами і амідними сполуками і нітритною кислотою. У результаті цієї взаємодії також утворюється молекулярний нітроген:



Роль мікроорганізмів у цьому процесі зводиться до утворення нітритів і амінокислот. Тому опосередкованій денітрифікації сприяють багато видів бактерій, які здатні відновлювати нітрати до нітритів або розкласти білкові речовини з утворенням амінокислот та їх амідів. Відновлення нітратів до молекулярного азоту проходить через ряд стадій:



Денітрифікація веде до втрати запасів нітрогену в ґрунті. Денітрифікуючі бактерії – факультативні анаероби. В аеробних умовах денітрифікатори окиснюють органічну речовину оксигеном повітря, а в анаеробних умовах органічний субстрат окислюють шляхом дегідрування з передачею гідрогену на нітрати і нітрити. Ці процеси можна виразити таким рівнянням:



Найбільш активні збудники дисиміляторної денітрифікації:

Pseudomonas fluorescens – маленькі (1,0-2,0 мкм), безспоріві, грамнегативні, рухливі палички, мають 3-4 полярних джгутики.

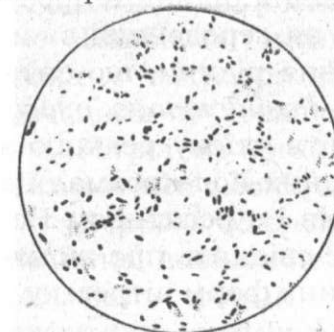
Утворюють зеленувато-жовтий пігмент, здатний до флюорисценції і забарвлюють середовище у жовто-зелений колір.

Pseudomonas denitrificans – маленькі, перитрихально-джгутикові, безспоріві палички, факультативний анаероб.

Pseudomonas aeruginosa – дрібні палички (1,0-1,5 мкм), поодинокі або з'єднані в пари, рухомі, мають 1-2 полярних джгутики. Утворюють пігмент, що забарвлює середовище у зеленувато-синій колір.

Pseudomonas pyocyanea – невеликі, безспоріві, грамнегативні, рухливі палички, краще розвиваються у аеробних умовах, утворюють пігмент, що забарвлює середовище у синьо-зелений колір.

Micrococcus denitrificans – дрібні, кокоподібні бактерії.



Pseudomonas denitrificans



Pseudomonas pyocyanea

Achromobacter stutzeri – невеликі, грамнегативні палички (0,3x0,5 мкм), з'єднані у ланцюжок. Усі ці бактерії широко розповсюджені у ґрунті і воді, активно відновляють нітрити за поганої аерації та високої вологості.

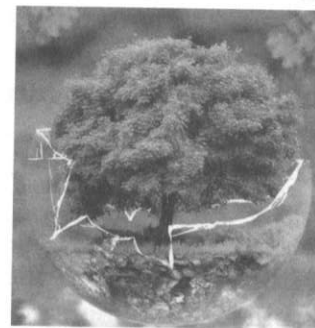
Для накопичення денітрифікуючих бактерій використовують середовище Гільтая, яке складається з двох розчинів:

I-й розчин (г/250 мл дист. води) – KNO_3 – 2,1; аспарагін (або цукроза) – 1,0.

II-й розчин (г/50 мл дист. води) – KH_2PO_4 – 2,0; MgSO_4 – 2,0; CaCl_2 – 0,2; FeCl_3 – сліди; лимоннокислий натрій – 5,0.

Розчини I та II злийте, доведіть об'єм до 1000 мл дистильованою водою і встановіть рН 7,0. Середовище простерилізуйте, розлийте у стерильні пробірки, заразьте грудочками ґрунту, взятого з сильно зволоженої ділянки, що не обробляється. Пробірки закрийте щільно корками і поставте у термостат за температури 30-35°C. Для створення анаеробних умов поверхню рідини в пробірках закрийте тонким шаром стерильного нейтрального масла (вазелинового чи парафінового). Через 7-10 діб спостерігається помутніння рідини в пробірках і виділення CO_2 і N_2 , а на середовищі з лимонною кислотою – позеленіння рідини, що свідчить про розвиток бактерій *Pseudomonas putrescens*, *Ps. aeruginosa*. Проведіть якісну реакцію з дифеніламіном і реактивом цинк-йод-крохмал на зникнення нітратів та нітритів і з реактивом Неслера (на появу амоніаку). Це свідчить про відновлення нітратів до молекулярних форм нітрогену.

З рідини, в пробірці, приготуйте мазки, зафарбуйте їх і промікроскопіюйте. У полі зору мікроскопа видно масу дрібних паличкоподібних не спороутворюючих клітин, що розміщуються поодинокі, скупченнями або у вигляді коротких ланцюжків.



Визначення амоніфікуючої здатності ґрунту

Майже весь Нітроген ґрунту знаходиться в формі органічних речовин (перегній, бактерії, корені та поживні рештки рослин). Мінеральний Нітроген ґрунту не перевищує 1% від загальної кількості його у ґрунті. Поряд з надходженням у ґрунт окисленого чи зв'язаного у вигляді аміаку Нітрогену з осадом, добривами та фіксованого мікробами в ґрунті йде мінералізація органічних азотовмісних з'єднань при визначених умовах. Лише за допомогою мікроорганізмів проходить перехід Нітрогену з органічних з'єднань у мінеральний азот.

Найбільш активними учасниками розкладу білка є мікроорганізми. Розкладання органічної речовини під впливом грибів і бактерій з виділенням Нітрогену органічної речовини в формі аміаку називається амоніфікацією.

Аеробні бактерії. *Vac. mycoides* – невелика паличка довжиною 1,6-3,6 мкм, яка дає спори овальної форми різної величини, рухома, джгутики розміщені навколо всього тіла. На

твердих середовищах утворює характерні колонії, що стеляться по поверхні з пучками вигнутих ниток, що нагадують колонії плісняви (звідси і назва *mycoides* – грибоподібний). Це одна з найбільш поширених ґрунтових бактерій.

При визначенні мікробіологічної активності ґрунту й енергії процесів, які в ньому перебігають, важливу роль відіграє визначення динаміки амоніфікації та нітратонакопичення. Зіставлення енергії цих процесів з кількісним підрахунком відповідних фізіологічних груп бактерій дає картину їх мікробіологічної та біохімічної напруженості.

Енергію процесу амоніфікації зазвичай визначають у двох варіантах: компостування лише при зволоженні водою до 60% від повної вологості (контроль) та при тій же вологості, але з додаванням додаткового джерела білка – люпинового борошна у кількості 0,6%. Дослід зручно проводити у глибоких чашках Петрі з наважкою ґрунту 50 г, при температурі 25-27°C, протягом 2-4 днів. Ґрунт зволожите до 60 % від повної вологості та перемішайте. *Розрахунок кількості* води, яку потрібно додати до ґрунту для доведення її вологості до 60% від повної, зробіть так: спочатку визначте вологості досліджуваного зразка у перерахунку на абсолютно сухий ґрунт. Для цього ґрунт висушіть до постійної ваги при 105°C. Припустимо, що вологості ґрунту дорівнює 50%, тоді 60% її складе:

$$\frac{50 \cdot 60}{100} = 30$$

Отже, до 100 г абсолютно сухого ґрунту необхідно додати 30 мл води. Але оскільки ґрунт

для компостування береться зазвичай вологий, то води необхідно додавати менше. Так, якщо досліджуваний ґрунт мав 50% від повної вологості і 20% вологості, то для доведення її до 60% від повної вологості необхідно додавати різницю (30 – 20), тобто 10 мл води. По закінченні терміну компостування проведіть визначення аміаку.

Існує ряд методів визначення аміаку у ґрунті. Ми пропонуємо використати **колориметричний**.

Приготування безаміачної води: до дистильованої води додайте соди до слабо лужної реакції. Проведіть випаровування близько *j* об'єму для вилучення NH₃.

Приготування сегнетової солі: 25 г KNa-виннокислого розчиніть у 100 мл води.

Приготування реактиву Неслера: 5 г KJ розчиніть в 10 мл води, додайте 10 г HgJ₂. Розчин змішайте з 50 мл води, яка містить 10 г NaOH або KOH і залишіть на добу. Рідину, що відстоялася, яка містить K₂HgJ₄, злийте у темну склянку. При невеликих кількостях аміаку реактив зафарбовується у жовтий колір, який при збільшенні кількості аміаку робиться помаранчевим. При дуже великих кількостях аміаку утворюються коричневі та бурі осадки.

Ґрунт залийте 5-кратною кількістю 1,0 н розчину (з урахуванням вологості ґрунту), збовтайте 3 хв., покладіть на відстоювання, розчин злийте на щільний складчастий фільтр. Якщо фільтрат мутний, його знову перенесіть на фільтр. Зали-

шок ґрунту знову залийте розчином, знову збовтайте і після відстоювання рідину злийте на той самий фільтр. Відмивання ґрунту від аміаку проводьте до появи негативної реакції фільтрату з реактивом Неслера. Кожній порції розчину дайте повністю відфільтруватися, потім долийте наступну. Фільтрування проводьте у мірну колбу, об'єм доведіть до мітки, колбу закрийте корком і вміст добре перемішайте.

25-50 мл фільтрату (залежно від вмісту аміаку) візьміть мірною піпеткою і перенесіть у мірну колбу ємністю 100 мл, для того щоб не випав осад солей кальцію і магнію, додайте 4 мл сегнетової солі (KNa-виннокислий), доведіть об'єм рідини до 80-90 мл, перемішайте і додайте 4 мл реактиву Неслера. Потім долийте водою до мітки і знову перемішайте декілька раз. Одночасно приготуйте шкалу контрольного розчину: для цього в колби ємністю 100 мл внесіть 10, 20 або 25 мл контрольного розчину, доведіть об'єм до 80-90 мл, перемішайте, додайте 4 мл реактиву Неслера, потім водою доведіть до мітки і перемішайте. Через 15 хв. досліджувані розчин колориметрично порівняйте з близьким за забарвленням зразковим. Колориметрування необхідно закінчити не пізніше, ніж через годину після приготування розчину.

Кількість аміаку виразіть у мг на 100 г сухого ґрунту. Розрахуйте Нітроген за формулою:

$$\frac{a \cdot b \cdot h \cdot v \cdot 100 \cdot 0,776}{h_1 \cdot v_1 \cdot c}$$

$$h_1 \cdot v_1 \cdot c$$

a – вміст NH₄ у 1 мл робочого розчину, мг;

v – кількість мл контрольного розчину, взятого для визначення;

h – показник контрольного розчину у колориметрі;

h₁ – показник досліджуваного розчину у колориметрі;

v – об'єм усього досліджуваного розчину;

v₁ – об'єм проби досліджуваного розчину, взятого для аналізу;

c – кількість абсолютно сухого ґрунту, взятого для визначення, г;

100 – коефіцієнт для перерахунку на 100 г ґрунту;

0,776 – коефіцієнт для перерахунку NH₄ в N.

Кількість накопиченого аміачного Нітрогену у ґрунті визначте за різницею між його вмістом до і після компостування.

Усі реактиви готуйте на воді, вільній від NH₃



Колообіг Фосфору

Визначення вмісту Фосфору у рослинному та тваринному матеріалі

При взаємодії фосфорної кислоти з молібденово-кислим амонієм утворюється фосфорномолібденова кислота H₆P(Mo₂O₇)₆, яка за дії відновлювачів утворює забарвлені в синій колір сполуки. Оптична густина одержаних розчинів пропорційна вмісту Фосфору.

За виміряною на фотоколориметрі оптичною густиною одержаних розчинів (із застосуванням

червоного світлофільтра, $\lambda=650$ нм) за допомогою калібрувальної кривої розраховують вміст Фосфору в досліджуваній пробі.

Визначення Фосфору проводять в солянокислому розчині золи, одержаному після сухого озолення проб рослин, органів та тканин тварин.

1. У муфельній печі озоліть у фарфоровому тиглі 1 г сухої проби досліджуваного матеріалу при температурі 450-550°C до одержання світлосірої або сірої золи.
2. Золу розчиніть у 6 мл 25%-го розчину соляної кислоти. Розчин (без фільтрування) перенесіть у мірну колбу на 250 мл, долийте до мітки дистильованої води і добре перемішайте.
3. Після відстоювання відміряйте піпеткою 10 мл розчину в мірну колбу на 100 мл, прилийте 30-40 мл дистильованої води і перемішайте. Потім послідовно додайте 2 мл розчину молибденовокислого амонію та 2 мл 2%-го розчину гідроксиду.
4. Через 5 хв. додайте 2 мл 20%-го розчину сульфату натрію, перемішайте, долийте до мітки дистильованою водою і знову перемішайте.
5. Через 15 хв. виміряйте оптичну густину на фотокориметрі в кюветі з відстанню між робочими гранями 10 мм, застосовуючи червоний світлофільтр ($\lambda=650$ нм). Потім за калібрувальною кривою знайдіть вміст Фосфору (в г/кг) в досліджуваній пробі.
6. Для перерахунку на натуральну вологість результат помножьте на коефіцієнт перерахунку:

$$K = \frac{100 - x}{100}$$



Визначення досяжного Фосфору в некарбонатних черноземах за В.Тругом

Фосфор вилучають з ґрунту забуференим 0,002-нормальним розчином сірчаної кислоти з рН біля 3. У витяжці вміст Фосфору

визначають колориметруванням фосфорномолібденової сині.

Приготування розчину молибденокислого амонію в сірчаній кислоті: 25 г хімічно чистого молибденокислого амонію розчиніть у 200 мл дистильованої води, розчин нагрійте до 60°C та відфільтруйте; 280 мл концентрованої сірчаної кислоти розведіть дистильованою водою до 800 мл. По остиганню обох розчинів у сірчану кислоту повільно улийте молибденовокислий амоній. Коли отриманий розчин остигне, об'єм його доведіть дистильованою водою до 1 л.

Приготування розчину хлористого олова в соляній кислоті:

Розчин хлористого олова в соляній кислоті: 0,25 г $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ розчиняють у 10 мл 10%-ний HCl . Для захисту від дії повітря на поверхню цього розчину наливають п'яти міліметровий шар білого машинного масла. Зберігати розчин слід у темному місці.

2 г ґрунту, просіяного через сито з діаметром отвору 1 мм, розмістіть у пляшку ємністю 750 мл і додайте туди ж 400 мл 0,002-нормального забуференого розчину сульфатної кислоти. Рідину

збовтайте протягом 30 хвилин, а потім відфільтруйте через щільний беззольний фільтр. Перші мутні порції відкиньте. Після цього візьміть піпеткою 25-50 мл зовсім прозорого фільтрату, перенесіть його в мірну колбу ємністю 100 мл і проведіть нейтралізацію спочатку 10%-ним розчином соди, а потім, якщо потрібно, 15%-ним розчином сульфатної кислоти в присутності 3 крапель бетадинитрофенолу до слабо-жовтого забарвлення. Потім у колбу долийте до 90-95 мл дистильованої води, перемішайте і додайте 4 мл розчину молібденокислого амонію. Об'єм рідини в колбі доведіть до позначки дистильованою водою і додайте до неї 6 крапель розчину хлористого олова. Вміст колби добре перемішайте струшуванням.

Не раніше, ніж через 5 хвилин і не пізніше, ніж через 10 хвилин приступайте до колориметрування, зрівнюючи колір розчинів із зразковими, які готують паралельно.

Приготування зразкових розчинів однозамінного фосфату калію. 0,2195 г хімічно чистого KN_2PO_4 розчиніть в мірній колбі ємністю 1 л і доведіть об'єм розчину до позначки. Після ретельного збовтування візьміть 50 мл отриманого розчину і доведіть його об'єм у мірній колбі водою до 500 мл. Останній розчин є вихідним для приготування робочих зразкових розчинів. Він містить в 1 мл 0,0114 мг P_2O_5 .

При роботі з візуальним колориметром для приготування робочого зразкового розчину візьміть 5 мл вихідного розчину і перенесуть в мірну колбу 100 мл. Потім роблять так само, як при підготовці дослідного розчину до колориметрування. Зготовлений зразковий розчин буде міс-

тити в 1 л 0,570 мг P_2O_5 . Порівняння його з дослідним розчином у колориметрі потрібно провести протягом 10-12 хвилин. Якщо ця умова не виконана, забарвлення втратить інтенсивність; для відновлення її потрібно додати в кожен колбу по одній краплі відновника, що продовжить термін зберігання забарвлення ще на 10-12 хвилин.

При фотоколориметричному визначенні Фосфору в розчині складання калібрувального графіка потребує приготування великої кількості робочих зразкових розчинів. Для підготовки їх можна скористатися прописом, наведеним Мачигінім.

Розрахунок результатів аналізу.

Якщо колориметрування велося за допомогою візуального колориметра, то розрахунок проведіть за формулою:

$$X = \frac{a \cdot b \cdot k \cdot 1000 \cdot 100}{l \cdot n \cdot (100 - y)} \text{ де:}$$

a – число мілілітрів зразкового розчину, влитого в мірну колбу ємністю 100 мл при підготовці його до колориметрування;

b – вміст P_2O_5 в 1 мл зразкового розчину;

k – відлік у колориметрі за шкалою зразкового розчину, в мілілітрах;

1000 – для перерахунку результатів аналізу на 1 кг ґрунту;

100 / (100 - y) – для перерахунку на абсолютно сухий ґрунт;

l – відлік за шкалою дослідного розчину, в мілілітрах;

n – наважка ґрунту, в грамах, відповідна до об'єму дослідного розчину, взятого в колбу для підготовки до колориметрування.

Використання даних аналізу

Згідно з працями автора методу, злакові та бобові культури не потребують внесення фосфорних добрив при вмісті на 1 кг ґрунту 100 мг P_2O_5 .

Якщо рухомих сполук є в ґрунті 25 мг P_2O_5 на 1 кг і менше, треба вносити фосфорні добрива; якщо від 25 до 100 мг, – необхідно провести додаткові дослідження, використовуючи ширше відношення між ґрунтом і розчином. У тому випадку, коли зі зменшенням наважки ґрунту концентрація P_2O_5 у витяжці знижується, треба вносити фосфорні добрива; якщо ні, можна цього не робити.

Нижче наводяться показники, що характеризують ступінь забезпеченості ґрунтів досяжним для рослин фосфором, визначеним за методом Труога.

Ступінь забезпеченості ґрунтів досяжним для рослин фосфором, визначеним за методом Труога

Вміст P_2O_5 у міліграмах на 1 кг ґрунту	Забезпеченість ґрунту фосфором
100 і більше	високе
50-100	середнє
менше ніж 50	не забезпечена



Виявлення фосформінералізуючих бактерій у ґрунті

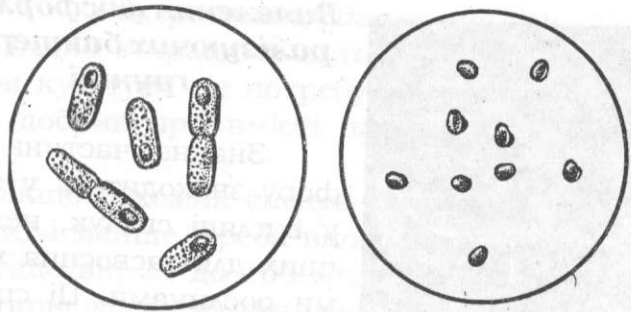
Значна частина фосфору знаходиться у ґрунті у вигляді сполук, недоступних для засвоєння вищими рослинами. Ці сполуки представлені або складни-

ми фосфатами органічних речовин, або погано розчинними неорганічними сполуками типу фосфатів алюмінію, феруму, кальцію. Фосфор ряду органічних і мінеральних добрив (фосфорит, апатит) безпосередньо недоступний для рослин.

У розкладі органічних сполук фосфору і неорганічних фосфатів беруть участь представники різних груп мікроорганізмів: бактерії з родів *Pseudomonas* і *Bacillus*, гриби з родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria*, деякі актиноміцети та дріжджі.

Типовим представником фосфорних бацил є *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*. Вони являють собою крупні палички з заокругленими кінцями, щільною оболонкою і зернистою протоплазмою. Розміри клітин варіюють у довжину 5-6 мкм і в діаметрі 1,5-2 мкм.

У молодій культурі клітини розміщені поодинокі, слабо рухливі, а старіючі – розміщуються попарно або короткими ланцюжками і втрачають рухливість. Клітини утворюють овальні ендоспори, розміщені з одного боку. Грампозитивні аероби. Оптимум температури 27-35 °С.



Bacillus megaterium var. phosphaticum вегетативні тіла та спори

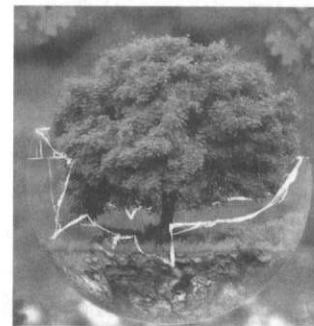
На щільних середовищах утворюють брудно-білі колонії, які при старінні набувають жовтого або бурого кольору. На середовищі, що містить фосфорорганічні сполуки і крейди, навколо колоній утворюються зони просвітління за рахунок розчинення крейди фосфорною кислотою.

Виявлення у ґрунті фосформінералізуючих бактерій проводьте на агаризованому середовищі Р.А. Менкіної: дистильована вода – 1000 мл, сірчаноокислий амоній – 0,5 г, натрій хлористий – 0,3 г, калій хлористий – 0,3 г, магній сірчаноокислий – 0,3 г, залізо сірчаноокисле – сліди, манган сірчаноокислий – сліди, глюкоза – 10,0 г, крейда – 5,0 г.

Для ущільнення середовища внесіть 1,5-2% агар, а в якості джерела органічного фосфору – лецитин або нуклеїнові кислоти з розрахунку 3-5 мг P_2O_5 на 25 мл середовища (0,056 г лецитину або 0,025 г нуклеїнової кислоти). Лецитин попередньо розчиніть у 96% спирті. Середовище простерилізуйте в автоклаві при 0,5 атм протягом 20-30 хв. Для інгібування супутньої мікрофлори в середовище перед розливанням по чашках до-

дайте 1% розчин фенолу з розрахунку 50 мг/л.

Для виявлення фосфорних бактерій з ґрунту зробіть 5-7 послідовних десятикратних розведень у пробірках. У стерильні чашки Петрі внесіть по 1 мл суспензії з останніх розведень. Залийте суспензію охолодженим до $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ попередньо добре перемішаним агаром. Коловими рухами перемішайте агар з суспензією у чашці. Чашки з агаром, що застиг, помістіть у термостат при температурі $27-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Через 6-7 діб на місці росту фосформінералізуючих бактерій з'являться різко окреслені брудно-білі колонії фосфорних бактерій, оточені прозорим ореолом за рахунок розчинення крейди навколо них. При мікроскопічному вивченні забарвленого мазка з типових колоній можна знайти крупні із заокругленими кінцями спороутворюючі клітини фосфорних бактерій. Прогляньте під мікроскопом, замалюйте і зробіть підрахунок кількості бактерій в одному грамі ґрунту.



Колообіг Сульфуру

Визначення Сульфуру в рослинному матеріалі

Існує багато методів визначення Сульфуру в рослинному матеріалі, однак, найбільш простий з них – ваговий, який базується на перетворенні окислів Сульфуру в сульфати. Він може бути використаний для порівняльних дослі-

джені і побудови карти забруднення території окислами Сульфуру. Оскільки всі методи визначення Сульфуру охоплюють 2-4 год., доречно проводити цю роботу в два заняття: озолення і визначення Сульфуру.

Алгоритм аналізу складається з таких етапів:

- 1) Мокре озолення в HCl та HNO_3
- 2) Розчинення золи в розведений HNO_3
- 3) Одержання фільтрату.
- 4) Кип'ятіння фільтрату.
- 5) Додавання $BaCl_2$. Одержання осаду.
- 6) Формування кришталіків $BaSO_4$.
- 7) Фільтрація через беззольний фільтр.
- 8) висушування фільтру: в сушильній шафі → в муфельній пічці → ексикаторі.

Наважку рослинного матеріалу (5-10 г залежно від зольності і вмісту сульфат-іону) озоліть. Процес озолення ліпше проводити мокрим способом, щоб виключити втрату летучих сполук сірки. У випадку сухого озолення спалювання треба проводити дуже обережно і не допускати підвищення температури при прожарюванні проби більше $400^{\circ}C$.

Сульфати визначте в розчині золи, який не містить кремнієвої кислоти. 50 мл фільтрату нагрійте до кипіння в стаканчику і прилийте 10 мл 5% гарячого розчину $BaCl_2$ для осадження іонів SO_4 . Щоб кристали $BaSO_4$ утворилися більш крупними, при додаванні хлористого барію розчин рівномірно помішуйте скляною паличкою з гумовим наконечником і після осаджування його солі залишіть на добу при кімнатній температурі або на 12 год. в більш теплом місці. Профільтруйте через щільний фільтр (з синьою стрічкою), про-

митий попередньо киплячою дистильованою водою, підкисленою соляною кислотою.

Сульфат барію – це дуже дрібні кристали, які можуть проходити навіть через щільний фільтр. Тому під дно колбочки, в яку збирається фільтрат підкладіть чорний папір і на його фоні слідкуйте за чистотою рідини, що проходить. Якщо на темному фоні виявляться білі кристали, фільтрат пропустіть повторно через той самий фільтр. Якщо при повторному фільтруванні осад проходить, то фільтрат необхідно підкислити соляною кислотою, прокип'ятіть і знову відфільтруйте після охолодження. Не накопичуйте багато фільтрату у приймачі; за відсутності осаду фільтруйте маленькими порціями. Коли велика частина фільтрату перенесена на фільтр, стінки стаканка добре і багатократно обмийте дистильованою водою, підкисленою соляною кислотою, потираючи їх скляною паличкою з гумовим наконечником, щоб сіль, яка містить сірку опинилася на фільтрі. Осад промивайте до тих пір, поки промивна рідина уже не буде давати реакції на барій (з сульфатною кислотою).

Воронку з фільтром закрийте зверху папером, помістіть у сушильну шафу або залиште при кімнатній температурі для просушування. Потім фільтр з осадом помістіть у доведений до постійної ваги тигель, озоліть і прожарте при температурі не вище $700^{\circ}C$, оскільки при $800^{\circ}C$ сульфат барію розкладається. Після охолодження в ексикаторі тигель з осадом зважте на аналітичних вагах. Повторні прожарювання проведіть до встановлення постійної маси.

Розрахунок проведіть за формулою:

$$\%SO_4 = \frac{a \cdot 0,4115 \cdot 100}{P}$$

а – маса BaSO₄;
0,4115 – грами SO₄ в 1 г BaSO₄;

P – наважка абсолютно сухого матеріалу, що відповідає взятому для визначення об'єму фільтрату.

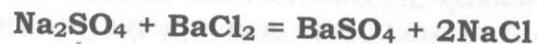
Якщо аналіз необхідно виразити у вигляді S або SO₃, то перемножте масу сульфату барію на 1,1373 або 0,3430, відповідно.



Визначення Сульфур у водній витяжці ґрунту

Принцип методу. Визначення іонів SO₄ у водній витяжці засновано на його здатності утворювати з іоном Ва нерозчинний осад сірчаноокислого барію

BaSO₄. По вазі осаду судять про кількість сульфат-іонів. Осаджують їх хлористим барієм. Реакція протікає за рівнянням:



Приготування 0,01- нормального розчину AgNO₃:
1,7 хімічно чистої солі AgNO₃ розчиніть в дистильованій воді і доведіть в 100-міліметровій колбі до позначки, після чого збовтайте для перемішування; 10 мл приготовленого розчину доведіть до 100 мілілітрів і отримаєте 0,01- нормальний розчин.

Титр азотнокислого срібла установіть по хлористому натрію: в три порцелянові чашки розмістіть по 20 мл 0,1-нормального розчину хлористого натрію, додайте в кожную чашку по 2-3 краплі хромовоокислого калію в якості індикатора і відтитруйте вміст чашок із бюретки розчином AgNO₃, приготовлений як 0,1-нормальний, до появи стійкого червонуватого забарвлення. Для встановлення поправки до титру азотистого срібла візьміть середнє з результатів трьох титрувань.

Установіть об'єм витяжки для аналізу попередньою пробою на сульфат-іон. Для цього візьміть у пробірку 10 мл витяжки, підкисліть декількома краплями HCl та додайте 1 мл BaCl₂. Після доброго перемішування нагрійте розчин до кипіння. За величиною осаду і ступенем помутніння розчину визначте об'єм витяжки для аналізу на вміст іонів SO₄. До уваги беріть такі показники:

- 1) якщо помутніння немає, SO₄ у розчині немає;
- 2) помутніння розчину вказує на порівняно невелику кількість вмісту SO₄; для аналізу беруть 50 мл витяжки;
- 3) при випаданні осаду для кількісного визначення SO₄ беруть від 5 до 20 мл витяжки;
- 4) якщо осад дуже великий, витяжку треба взяти в невеликому об'ємі (5-10 мл) і розвести до 50 мл дистильованою водою.

Установлений об'єм витяжки помістіть у хімічну склянку, підкисліть її 1-2 краплями 10%-ної соляної кислоти і нагрійте розчин до кипіння. Потім у ту ж склянку долийте 5 мл киплячого розчину барію і продовжуйте кип'ятіння декілька хвилин; склянку накрийте склом і поставте не

менше ніж на 4 години в теплу сушильну шафу або на водяну баню.

Після цього в прозору рідину над осадом додайте по краплі розчину хлористого барію. Якщо при цьому з'являється помутніння (що вказує на неповне осадження), то в склянку додайте кілька мілілітрів розчину хлористого барію і знов залиште на кілька годин у теплому місці.

Якщо осадження повне (помутніння не з'явилося), то вміст склянки відфільтруйте через щільний беззольний фільтр; осад перенесіть на фільтр і промийте киплячою дистильованою водою, яка підкислена соляною кислотою, до зникнення реакції на барій. Фільтр з осадом перенесіть у попередньо прожарений порцеляновий тигель, підсушіть у сушильній шафі, опідзольтє і прожарте в муфелі при температурі 750°. Прожарений тигель з осадом охолодіть в ексікаторі і зважте на аналітичних вагах. Доцільно проводить повторне прожарювання до встановлення постійної ваги осаду.

Результати розрахуйте за формулою:

$$X = \frac{[a - (b + c)] \cdot 0,4114 \cdot 10}{n}$$

X – вміст сульфат-іонів у ґрунті, у відсотках;
a – вага тигля з осадом після проколювання;
b – вага порожнього тигля;
c – вага золи фільтру;
n – наважка ґрунту, що відповідає об'єму розчину, взятого для аналізу;
100 – для виразу результатів у відсотках.



Виявлення сульфурвідновлювальних бактерій у ґрунті

Анаеробне відновлення сульфатів або інших сполук сульфуру до гідрогенсульфуру здійснюють десульфуруючі бактерії переважно роду *Desulfovibrio desulfuricans* (рис. 30). Вони широко розповсюджені у ґрунті, стічних водах і намулах.

Для отримання накопичувальних культур сульфурвідновлюючих бактерій використайте рідке середовище В.О.Таусона в модифікації Л.Д. Штурм: кальцій або натрій молочнокислий – 3,5 г, амоній сірчаноокислий – 4,0 г, калій фосфорнокислий – 0,5 г, магній сірчаноокислий – 1,0 г, кальцій сірчаноокислий – 0,5 г, сіль Мора – 0,5 г, водопровідна вода (або вода з водойми) – 1 л. Розчином їдкого калію доведіть рН до 7,0. Простерилізуйте сіль Мора і додайте в середовище перед висіванням. Імшенецький О.О. вказує, що це середовище оптимальне для розвитку десульфуруючих бактерій при додаванні до нього 1% дріжджової води.

Пробірки наповніть на $\frac{3}{4}$ поживним середовищем, закрийте ватним корком. Колбочки (пробірки) з середовищем простерилізуйте в автоклаві. Перед висівом в кожену колбочку додайте маленький кристалик залізного купоросу, прокаленого у полум'ї спиртівки. У середовище внесіть 0,2 г ґрунту або стічної води (0,5 мл). Після

посіву колбочки (пробірки) долийте до верху стерильним середовищем і закрийте над полум'ям стерильними притертими корками. Для повної герметичності корки зверху залийте парафіном. Слідкуйте за тим, щоб під корком не залишалося пухирців повітря. Помістіть у термостат за температури 25-30 °С і витримайте 2-3 тижні. При мікроскопіюванні осаду з таких накопичувальних культур вдається виявити у великих кількостях типові вібріони *Vibrio desulfuricans*. Відновлення сульфатів можна встановити за характерним запахом гідрогенсульфуру і за почорнінням середовища в результаті утворення сірчистого заліза.

Виявлення сульфурвідновлюючих бактерій можна проводити на щільних середовищах. У стерильний розплавлений МПА додайте 0,5% вуглекислого плюмбуму, дрібно розтертого у ступці з гуміарабіком (на 2-3 г солі візьміть 0,5 г гуміарабіка і добре розітріть товкачиком у стерильній ступці). середовище добре перемішайте і охолодіть до 45 °С. У стерильні чашки Петрі внесіть посівний матеріал (подрібнений ґрунт, стічна вода) і залийте приготовленим агаром. Коловими рухами добре перемішайте агар в чашках з посівним матеріалом. Після застигання агару помістіть у термостат за температури 25 °С. Через 5-6 діб у чашках з'являться темні плями – колонії бактерій, які відновлюють сульфати. При розвитку бактерій, що виділяють гідрогенсульфур, навколо колоній утворюються бурі, майже чорні зони внаслідок утворення сірчистого плюмбуму.



Виявлення сульфуроокислюючих бактерій у ґрунті

Сульфур входить до складу амінокислот: метіонін, цистин, а також до складу деяких вітамінів групи В (тіамін, біотин). У ґрунті сульфур знаходиться у вигляді сульфатів ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Na_2SO_4 ; K_2SO_4 ; $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$), сульфідів (FeS_2 , Na_2S , ZnS) і органічних сполук.

Окиснення гідрогенсульфуру, сульфур та інших сульфурвмісних речовин здійснюється різноманітними автотрофними і гетеротрофними мікроорганізмами. Серед автотрофних мікроорганізмів провідне місце займають хемоавтотрофи, представлені безбарвними сіркобактеріями. Останні поділяються на власне сіркобактерії, ті, що відкладають сульфур усередині клітин, і тіонові бактерії – не здатні відкласти сульфур у клітинах.

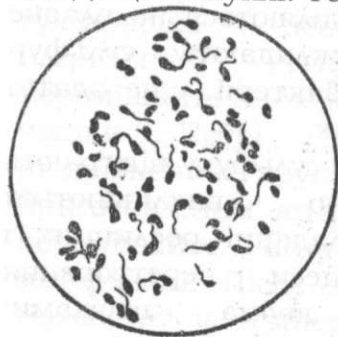
Основну роль у колообігу сульфурів відіграють біологічні процеси, що викликаються мікроорганізмами при розкладанні рослинних і тваринних решток. Процеси перетворення сульфурів відбуваються двома шляхами: відновлення органічних і неорганічних сполук сульфурів до гідрогенсульфуру й окиснення відновлених сполук сульфурів до сульфур та сульфурової кислоти.

Відновлення органічних і неорганічних сполук сульфурів до гідрогенсульфуру. Перебіг даних

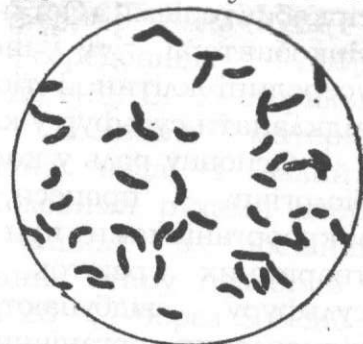
процесів відбувається за участі бактерій роду *Desulfovibrio*. Гідрогенсульфур, який виділяється при відновленні сульфатів, утворює з ферумом чорну масу колоїдного гідрату сірчистого феруму, який випадає в осад. У випадку накопичення гідрогенсульфуру у ґрунтах або воді швидко гинуть рослини внаслідок його токсичності.

Desulfovibrio desulfuricans (рис. 30) – невелика слабо вигнута паличка, яка має форму вібриону. Моотрихії. Оптимум рН 5,5-8,5, мезотермі (25-30 °С). Це obligатний анаероб, гетеротроф. При дегідрогенізації органічних речовин гідроген переноситься на сульфати, сульфіти та тиосульфати, які відновлюються до гідрогенсульфуру.

Vibrio desulfuricans – рухливий вібрион, розміри клітин (2-4 x 0,7-0,9 мкм) з од ним або декількома полярно розміщеними джгутиками. Утворює спори. Колонії безбарвні, гладкі, блискучі, плоскі або дещо випуклі. Температурний оптимум 25 °С.



Desulfovibrio desulfuricans



Vibrio desulfuricans

Розвиток десульфуруючих бактерій в культурах може бути легко виявлено за утворенням чорного осаду навколо колоній, почорнінням се-

редовища і осадженням гідрату сірчистого феруму у рідких середовищах.

Окиснення відновлених сполук сульфуру. Серед мікроорганізмів, які окиснюють відновлені сполуки сульфуру, найбільше значення мають хемолітоавтотрофи роду *Thiobacillus* – тіонові сіркобактерії: *Th. denitrificans*, *Th. thiooxidans*, *Th. thiooparus*, *Th. ferrooxidans* широко розповсюджені у ґрунтах. Це невеликі (1-3 мкм) рухливі безспорові грамнегативні палички з одним полярно розміщеним джгутиком, аероби. Окиснюють сульфур, гідрогенсульфур, сульфіди, тиосульфати, тетратионати і тиоцианати до сульфуру і до SO_4^{2-} . Зустрічаються в морській та прісній воді, намулі, ґрунті, і сірчаних місцезнаходженнях.

Нитчасті хемолітоавтотрофи з родів *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Thioploca*; До власне бактерій відносяться нитчасті форми *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Achromatium*. Бактерії роду *Beggiatoa* (рис. 32) іноді мають гігантські форми діаметром до 10 мкм. Вони вільно плавають у воді.

Серед представників інших видів зустрічаються спірале-, паличко- та кулеподібні форми – *Thiophysa macrophysa*. Вони виділяються із водойм, забруднених гідрогенсульфуром, відомі морські та прісноводні форми.

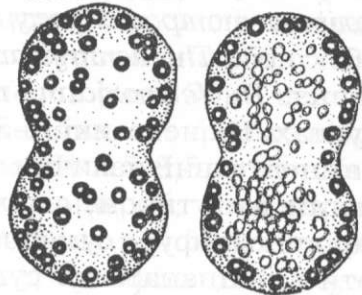
До фототрофних бактерій відносяться зелені і пурпурні сіркобактерії. Фотосинтезуючі зелені та пурпурні бактерії – безбарвні нитки, які складаються з циліндричних клітин.

Зелені сіркобактерії (*Chlorotiaceae*) – дрібні нерухомі палички з заокругленими кінцями. Представники пурпурних бактерій (*Thiorodoceae*) мають округлу, еліпсоїдну, паличкоподібну і

вигнуту форми. Розмір клітин 1-2 до 25-50 і навіть 100 мкм. Бактерії цих родин містять пігмент: бактеріохлорофіл і бактеріопурпурин. Вони здатні до фоторедукції у анаеробних умовах у присутності гідрогенсульфуру.



Beggiatoa miradilis



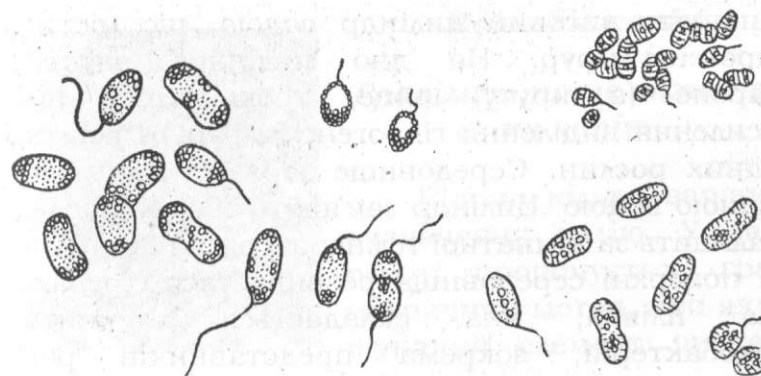
Thiophysa macrophysa

До родини *Chlorotiaceae* класу *Anoxyphotobacteria* відносяться *Thiospirillum* і *Chromatium*. *Chromatium* – пурпурні сульфурбактерії – фотолітотрофи, здатні до фотолітотрофної асиміляції CO_2 в присутності неорганічних сполук сульфуру (S , H_2S , які окислюються у сульфат). Облігатні анаEROБИ.



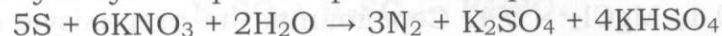
Hiospira winogradskii

Хемоорганогетеротрофні мікроорганізми, які беруть участь в окисненні сполук сульфуру: *Vac. mesentericus*, *Vac. subtilis*, ряд актиноміцетів і дріжджів, для яких окислення сульфуру є побічним процесом. Відновлювати нітрати й одночасно окислювати сульфур здатні і деякі хемолітоавтотрофи, наприклад *Thiobacillus denitrificans* – факультативна анаеробна сульфур-окислююча бактерія.



Chromatium. Різні види

В анаеробних умовах цей мікроб, використовуючи кисень нітратів, окислює сульфур або тіосульфат з утворенням сульфатної кислоти чи сульфату. Нітрати при цьому відновлюються до молекулярного нітрогену. Схематично ці процеси можуть бути виражені рівнянням реакції:



Для виділення денітрифікаторів, що окислюють сульфур до сульфатної кислоти, використовують поживне середовище Бейерінка (у г/л дист. води): S_2 – 10,0; KNO_3 – 0,5-10; Na_2CO_3 – 0,3; K_2HPO_4 – 0,2; MgCl_2 – 0,1; CaCO_3 – 10,0. Методика постановки досліду аналогічна вище описаній. За ходом денітрифікації слідкуйте за виділенням газу, зникненням у середовищі нітратів і появою сульфатної кислоти (реакція з хлоридом барію). На препаратах виділяються бактерії *Thiobacillus denitrificans* – рухлива паличка, розміром 2-3 мкм, несе 6-8 джгутиків, перитрихи.

Виділення безбарвних власне сіркобактерій.

Заповніть високий циліндр водою, що містить гідрогенсульфур. На дно циліндра опустіть зварене (в круту) яйце, трохи гіпсу (для посилення виділення гідрогенсульфуру) і рештки водних рослин. Середовище заразьте намулом і стічною водою. Циліндр зав'яжіть зверху марлею і залишіть за кімнатної температури на 30-45 діб. На поверхні середовища розвивається сірuratoбіла плівка, яка складається з ниток сіркобактерій, зокрема представників роду *Beggiatoa*. У клітинах бактерій видно відкладені крапельки сульфур. На прижиттєвому препараті при додаванні краплі сіркокарбону сульфур в клітинах розчиняється.

Виділення тіонових сіркобактерій. Для виділення сіркобактерій використовується поживне середовище такого складу: (г/л водопровідної води) $\text{Na}_2\text{SO}_4 - 5$, $\text{Na}_2\text{HCO}_3 - 1$, $\text{K}_2\text{HPO}_4 - 0,2$, $\text{NH}_4\text{Cl} - 0,1$, $\text{MgCl}_2 - 0,1$. Середовище не стерилізуючи, розлийте по 30-50 мл в ерленмейеровські колби, заразьте намулом і стічною водою. Колби помістіть у термостат за температури 30 °C на 7-10 днів. У середовищі накопичується вільний сульфур, а на мазках виділяються бактерії роду *Thiobacillus*.



Колообіг калію

Гравіметричне визначення калію

Відомо кілька варіантів визначення калію. У даній роботі пропонується гравіметричний метод, при якому шуканий елемент визначається у вигляді сульфату.

Розчин випаруйте, залишок прожарте та зважте. Щоб зменшити втрати від розбрикування, до аналізованого розчину додайте трохи сульфатної кислоти, випаруйте спочатку на водяній бані, потім нагрійте на плитці приблизно при 250 °C до повного зникнення парів сульфатної кислоти. При цьому утворюється бісульфат:



При нагріванні він перейде в піросульфат:



Біля 600 °C піросульфат починає розкладатися з утворенням сульфату:

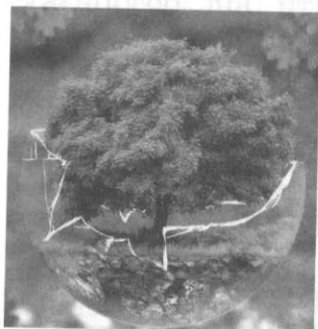


Однак швидше піросульфат калію переходить у сульфат у присутності Карбонату амонію. Для цього додайте 0,1-0,2 г чистого Карбонату амонію, тигель закрийте і нагрійте:



При нагріванні випаровується і сульфат амонію. У залишку залишається лише K_2SO_4 , який зважте після охолодження. Нагрівати при більш високих температурах не можна (вище 800 С випаровується сам сульфат калію, а при 1500 С і вище він, крім того, розкладається на оксид калію і сірчаний ангідрид, залишок від прожарювання виявляється лужним.

одна вагова частка K_2SO_4 відповідає 0, 4487 ваговим часткам калію.



Колообіг енергії

Визначення енергетичної цінності біологічного матеріалу

Енергетичну цінність, визначають перемножуючи кількість білків,

жирів і вуглеводів на відповідні коефіцієнти енергетичної цінності, що дорівнюють: для білків – 4 ккал/г, жирів – 9 ккал/г, вуглеводів – 4 ккал/г. розрахунок енергетичної цінності проводять за формулою:

$$X = 4 \cdot (B - B_1) + 9 \cdot (Ж - Ж_1) + 4 \cdot (В - В_1). \text{ де}$$

X - енергетична цінність, ккал;

B, Ж, В, - кількість відповідно білків, жирів і вуглеводів, г;

B₁, Ж₁, В₁ - втрати відповідно білків, жирів і вуглеводів, г;

4, 9, 4, коефіцієнти енергетичної цінності, відповідно білків, жирів і вуглеводів.

Фактичну енергетичну цінність визначають за формулою

$$X = [C - (B + Ж + В)] \cdot 4 + B \cdot 4 + Ж \cdot 9, \text{ де:}$$

X - енергетична цінність, ккал;

C - вміст сухих речовин, г;

M - вміст мінеральних речовин (золи), г.

На основі отриманих даних розраховують відсоток відхилення фактичного вмісту білків, жирів, вуглеводів і калорійності від розрахункового за такими формулами:

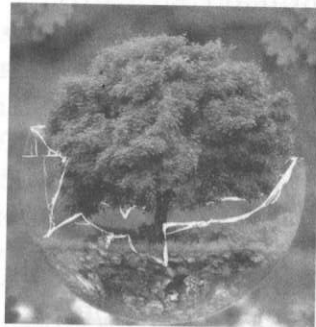
$$X_b = \frac{(B_1 - B_2) \cdot 100}{B_2} \quad X_{ж} = \frac{(Ж_1 - Ж_2) \cdot 100}{Ж_2}$$

$$X_v = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 100}{V_2} \quad X_c = \frac{(K_1 - K_2) \cdot 100}{K_2}$$

X_b, X_ж, X_v, X_c - відхилення у вмісті білків, жирів, вуглеводів і в калорійності від розрахункових даних;

B₁, Ж₁, В₁, K₁ - вміст білків, жирів, вуглеводів (г) і калорійність (ккал) при лабораторному дослідженні;

B₂, Ж₂, В₂, K₂ - вміст білків, жирів, вуглеводів (г) і калорійність (ккал) по розрахунку.



Визначення вмісту сухих речовин

Наважку гомогенату помістіть у попередньо зважений до постійної ваги металевий або скляний бюкс зі скляною паличкою. Наважку висушіть у сушильній шафі при температурі $103 \pm 2^\circ\text{C}$ до постійної маси. Можна користуватися прискореним методом. У цьому випадку наважку висушіть у сушильній шафі при температурі $130 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом 1,5 год. Після висушування охолодіть в ексикаторі протягом 20 хв., зважте. Висушування повторіть ще протягом 15 хв., знову охолодіть і зважте з точністю до 0,001 г.

Розрахунок вмісту *сухих речовин* проведіть за формулою:

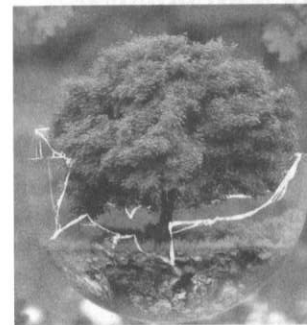
$$X = \frac{M_2 - M_1}{M_1 - M}, \text{ де}$$

X - вміст сухих речовин в 1 г гомогенізованої наважки, г;

M - маса бюкса, г;

M₁ - маса бюкса з вологою наважкою, г;

M₂ - маса бюкса з висушеною наважкою, г.



Визначення вмісту золи

Наважку гомогенату помістіть у попередньо зважений до постійної ваги тигель. Помістіть у сушильну шафу і висушіть при температурі $100-120^\circ\text{C}$ до повного усунення вологи. Потім у тигель з наважкою додайте 1-2 мл 90° етилового спирту для забезпечення більш рівномірного та швидкого озолення і тигель помістіть у холодну муфельну піч. Піч поступово нагрійте до температури $400-500^\circ\text{C}$. Озолення проводьте при температурі не вище 500°C . Довготривалість озолення залежить від природи продукту. Спочатку повноту озолення визначте візуально по кольору золи - вона повинна бути білою або дещо сіруватою, без частинок вугілля. Після першого проколювання тигель охолодіть, змочіть вміст невеликою кількістю дистильованої води, підсушіть в сушильній шафі і знову помістіть в гарячу муфельну піч для продовження спалювання. Потім тигель помістіть для охолодження в ексикатор і зважте. Озолення проведіть з точністю до 0,001 г.

Вміст золи визначте за формулою:

$$X = \frac{M_2 - M_1}{M_1 - M}, \text{ де}$$

X - вміст золи в 1 г гомогенізованої наважки, г;

M - маса тигля, г;

M₁ - маса тигля з наважкою до озолення, г;

M₂ - маса тигля з наважкою після озолення, г.



Визначення вмісту білка

У колбу Кьельдаля на 500 мл помістіть наважку гомогенату, зважену з точністю до 0,001 г з розрахунку вмісту азоту в пробі 20-25 мг. Потім у колбу додайте 20 мл концентрованої сірчаної кислоти, приливайте її пос-

тупово по стінках колби, змиваючи частинки проб. У колбу внесіть катализатор з розрахунку 0,6 г на 1 мл сірчаної кислоти і декілька скляних шариків, закрийте грушевидною скляною пробкою, обережно коловими рухами перемішайте вміст і поставте на нагрівальний пристрій під кутом 40°C. Нагрійте обережно.

При утворенні піни в перший період окислення колбу треба зняти з нагрівального приладу і дати піні осісти, а потім продовжуйте нагрівання, слідкуйте за тим, щоб піна не попала в горло колби. Для зменшення піноутворення в колбу можна додати шматочок парафіну або кілька крапель етилового спирту. Після припинення піноутворення нагрівання підсильте. Ступінь нагрівання вважають достатньою, коли кипляча кислота конденсується не вище середньої частини горлечка колби. Час від часу вміст колби перемішуйте, змиваючи зі стінок колби. Нагрівання продовжуйте до тих пір, поки рідина настане прозорою й освітленою (зелено-голубою).

Після мінералізації вміст колби охолодіть, додайте 150 мл дистильованої води і з'єднайте з апаратом для відгонки аміаку. Рекомендується

проводити відгону аміаку з водяним паром. Потім колбу через ділильну воронку приладу прилійте 80 мл 33% NaOH і одразу ж після його додавання закрийте кран ділильної воронки щоб зменшити втрати аміаку. Для відгонки аміаку в конічну колбу ємністю 250 мл відміряйте піпеткою 50 мл розчину борної кислоти, додайте 4 краплі індикатору, перемішайте і поставте під алонж, з'єднаний з холодильником так, щоб кінець алонжа був занурений у кислоту. Вміст колби нагрійте до кипіння, уникаючи піноутворення. Продовжуйте перегонку до тих пір, поки рідина не стане закипати поштовхами. Нагрівання регулюйте так, щоб тривалість перегонки була не менше 20 хв. Забарвлення розчину борної кислоти не повинно змінюватися. Перед закінченням перегонки опустіть конічну колбу так, щоб кінець алонжа опинився над поверхнею розчину борної кислоти і продовжте перегонку ще 1-2 хв. Нагрівання припиніть і від'єднайте алонж. У конічну колбу змийте невеликими порціями дистильованої води залишки розчину борної кислоти з внутрішньої і зовнішньої поверхні алонжа. Дистилят відтитруйте розчином сірчаної кислоти до переходу зеленого забарвлення у фіолетове. Паралельно проведіть сліпий дослід, додавши в колбу Кьельдаля замість наважки 5 мл дистильованої води.

Розрахунок вмісту білка проведіть за формулою:

$$X = \frac{0,014 \cdot K \cdot (Y_1 - Y_0) \cdot 6,25}{M}, \text{ де}$$

X – вміст білка в 1 г гомогенізованої наважки або в сухій речовині, який відповідає 1 г гомогенізованої наважки, г;

0,014 – кількість азоту, еквівалентна 1 мл 0,05 моль/л розчину сірчаної кислоти;

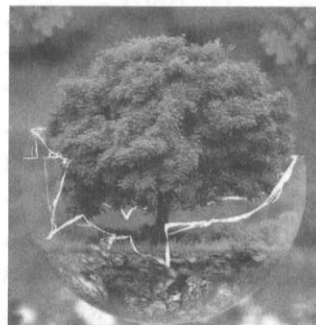
K – поправковий коефіцієнт 0,05 моль/л розчину сірчаної кислоти;

U_1 – об'єм 0,05 моль/л розчину сірчаної кислоти, використаний на титрування дистилату робочого розчину, мл;

U_0 – об'єм 0,05 моль/л розчину сірчаної кислоти, використаний на титрування дистилату в контрольному аналізі, мл;

6,25 – коефіцієнт перерахунку азоту на білок;

M – маса наважки, г.



Визначення вмісту жирів за методом Гербера

У жиромір молочний візьміть наважку гомогенату, зважену з точністю до 0,001 г. До наважки додайте 10 мл сірчаної кислоти і 1 мл ізоамілового спирту.

Потім додайте таку кількість сірчаної кислоти, щоб рівень вмісту не доходив на 5-10 мм до горлечка жироміра. Закрийте його сухим корком і оберніть рушником, обережно струсіть або переверніть кілька разів для повного перемішування вмісту.

Жиромір перевернувши корком донизу, помістіть на 5 хв. на водяну баню з температурою $65 \pm 2^\circ\text{C}$, періодично струшуйте або перевертайте

його. По закінченні вказаного часу жиромір вийміть з бані, обітріть рушником, устатте розширеною частиною у патрони центрифуги, відцентрифугуйте 5 хв. зі швидкістю 1300-1500 об/хв. Потім жиромір знову помістіть на 5 хв. на водяну баню з температурою $65 \pm 2^\circ\text{C}$. Вийміть з бані. Проведіть підрахунок поділок, які займає жир, що виділився. Для цього жиромір тримайте вертикально так, щоб верхня межа жиру знаходилася на рівні очей. Посуваючи пробірку вгору чи вниз, установіть нижню межу стовпчика жиру на цілій поділці і від неї відраховуйте число поділок до нижньої точки меніска жирового стовпчика. Межа розділення жиру і кислоти повинна бути чіткою, а стовпчик жиру прозорим. Якщо у градуйованій частині жироміра утворилося бурувате кільце (пробка) або у стовпчику жиру опинилися домішки, аналіз проводять повторно. Якщо при описаному режимі не вдасться повністю витягти жир, центрифугування й нагрівання жироміра на водяній бані повторіть 2-3 рази.



Визначення вмісту жирів за методом Сокслета

Наважку сухої речовини зважте на фільтрувальному папері розміром 6x7 см, з точністю до 0,001 г і загорніть і пакетик. Цей пакетик загорніть ще в один пакетик з фільтрувального паперу, розміром 7x8 см. Внутрішній пакетик помістіть так, щоб його шов не збігався зі швом зовнішнього пакетика.

Підготовлений пакетик помістіть у бюкс і висушіть у сушильній шафі при температурі $103 \pm 2^\circ\text{C}$ до постійної маси. Потім пакетик перенесіть в екстрактор апарата Сокслета і залийте етиловим ефіром. Ефіру налейте стільки, щоб він почав переливатися через сифон екстрактора, після чого додайте ще 50 мл ефіру і з'єднайте всі частини приладу. В холодильник пустіть холодну воду, а перегінну колбу помістіть на водяну баню з температурою не вище 45°C . Нагрівання треба регулювати так, щоб ефір зливався з екстрактора через кожні 5-6 хв. При безперервній дії апарата Сокслета для повного витягнення жиру з добре подрібненої наважки необхідно 4-6 год., при погано подрібненій наважці екстракцію треба проводити 10-12 год. Повноту екстракції перевіряють на фільтрувальному папері. Для цього візьміть 2-3 краплі ефіру, що витікає з екстрактора, папір підігрійте, якщо на папері після випаровування ефіру не залишається жирної плями, екстракцію вважають закінченою. Пакетики вийміть з екстрактора, підсушіть, після чого помістіть у бюкс і висушіть у сушильній шафі при температурі $103 \pm 2^\circ\text{C}$ до постійної ваги з точністю до 0,001 г.

Вміст жиру визначте за формулою:

$$X = \frac{A - B}{M}, \text{ де}$$

X – вміст жиру в 1 г сухої речовини, г;

A – маса пакетика з наважкою сухої речовини до екстракції жиру, г;

B – маса пакетика з наважкою сухої речовини після екстракції жиру, г;

M – наважка сухої речовини, г.



Визначення вмісту жирів екстракційним методом

Наважку матеріалу, масою 2 г, з точністю до 0,001 г, помістіть у ділильну лійку приладу для екстракції, налейте 10 мл екстрагуючої рідини хлороформу з етанолом у співвідношенні 1:2. Екстракцію проведіть протягом 2 хв, при струшуванні. Екстракт за допомогою водоструменевого насоса відкачайте в приймач, а з нього перелийте в мірну колбу, місткістю 50 мл. Залишки наважки аналогічно екстрагуйте ще два рази. Потім ділильну лійку і приймач промийте 20 мл екстрагуючої суміші. Промивні рідини зберіть у мірну колбу і доведіть об'єм до мітки екстрагуючою сумішшю. З колби відберіть піпеткою 20 мл екстракту і перенесіть у попередньо зважений з точністю до 0,001 г постійної маси бюкс. Екстрагуючу суміш випаруйте на водяній бані до зникнення запаху і висушіть наважку жиру у сушильній шафі при температурі $103 \pm 2^\circ\text{C}$ до постійної маси.

Вміст жиру визначте за формулою:

$$X = \frac{(M_2 - M_1) \cdot 50}{20 \cdot M}, \text{ де}$$

X – вміст жиру в 1 г гомогенізованої наважки, г;

M_1 – маса порожнього бюкса, г;

M_2 – маса бюкса з жиром, г;

50 – загальний об'єм екстракту, мл;

20 – об'єм екстракту, взятий для визначення жиру, мл.

Вміст вуглеводів визначають за різницею між вмістом сухих речовин і сумарною кількістю білків, жирів і мінеральних речовин.



Контрольні запитання та завдання до розділу

1. На чому оснований принцип визначення вмісту органічних речовин у ґрунті за методом І.В. Тюрина?
2. Яким методом можна визначити інтенсивність утворення органічної речовини в листках рослин?
3. Для визначення вмісту якого елемента використовують реактив Неслера? Який принцип його дії?
4. Чому для визначення вмісту Нітрогену використовують не звичайні колби, а колби Кьельдаля? У чому полягає специфіка їх конструкції?
5. Як відділити білковий Нітроген від небілкового у досліджуваному матеріалі?
6. Назвіть вільноживучі мікроорганізми ґрунту, здатні фіксувати молекулярний Нітроген атмосфери.
7. Які Вам відомі симбіотичні азотфіксатори, поширені у ґрунті?
8. За допомогою якого середовища можна виявити нітрофікуючі бактерії ґрунту?
9. Назвіть найбільш активних збудників прямої денітрифікації у ґрунті.

10. Які мікроорганізми беруть участь у розкладанні органічної речовини з виділенням Нітрогену в формі аміаку? Як називається цей процес? Яким способом можна оцінити його інтенсивність у конкретному ґрунті?

11. Яка сполука слугує комплексоутворювачем при визначенні вмісту Фосфору в досліджуваному матеріалі фотоколориметричним методом? Яка довжина хвилі та світфільтр якого кольору дозволяють ідентифікувати відповідний комплекс?

12. На якому середовищі можна виявити фосформінералізуючі бактерії ґрунту?

13. Охарактеризуйте значення Сульфуру для живих організмів.

14. Назвіть хемоавтотрофні мікроорганізми, які окислюють відновлені сполуки Сульфуру.

15. На якому принципі базується визначення Сульфуру в досліджуваному матеріалі?

16. Для виявлення яких ґрунтових бактерій використовують рідке середовище В.О.Таусона?

17. Для визначення калію використовується гравіметричний метод. У чому полягає специфіка цього методу?

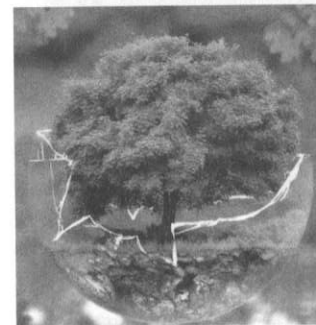
18. Яка кількість калорій міститься в 1 г жирів, білків, вуглеводів?

19. Які Вам відомі альтернативні методи визначення вмісту жиру в досліджуваному матеріалі?

20. Який метод найчастіше використовується для визначення білків? Охарактеризуйте його головний принцип.



ОЦІНКА СТАНУ ТА ЯКОСТІ СЕРЕДОВИЩА МЕТОДАМИ БІОІНДИКАЦІЇ ТА БІОТЕСТУВАННЯ



Інтегральна оцінка середовища за комплексом біоіндикаторів

При оцінці екологічної ситуації важливе місце відводиться інформації про число значення кожного показника як за мінімальної дії пошкоджуючого фактора ($P_{\text{комф}}$), так і в умовах максимальної дії останнього на організм ($P_{\text{крит}}$). Частковий рейтинг (ЧРЗ) зміни тест-знак визначають за формулою А.І. Горової, адаптованою до фізико-географічного районування досліджуваної тери торії:

частковий рейтинг
змін показників (ЧРЗ)
з мінімальним абсолю-
тним значенням у ко-
нтролі

$$\text{ЧРЗ} = \frac{P_{\text{комф}} - P_i}{P_{\text{комф}} - P_{\text{крит}}}$$

частковий рейтинг
змін показників (ЧРЗ)
з максимальним абсо-
лютним значенням у
контролі

$$\text{ЧРЗ} = 1 - \frac{P_{\text{комф}} - P_i}{P_{\text{комф}} - P_{\text{крит}}}$$

$P_{\text{комф}}$ – фонове значення для певної фізико-географічної області;

$P_{\text{крит}}$ – максимальне значення показника у межах фізико-географічної області;

P_i – значення показника у конкретній точці.

Для порівняння отриманих даних з різних моніторингових точок проведіть оцінку інтегрального показника зміни тест-ознак (ІПЗ_{то}), який розрахуйте за формулою:

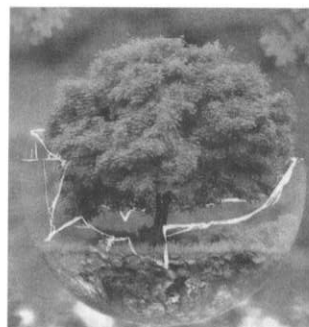
$$ІПЗ_{то} = \frac{\sum ЧРЗ}{n}$$

n – кількість значущих тест-ознак.

Рівень змін досліджених тест-ознак оцініть на оснві інтегрального показника змін за шкалою, запропонованою А.І. Горовою.

Рівень зміни тест-ознак і шкала оцінки стану довкілля

ІПГ	Рівень зміни тест-ознак	Стан довкілля для відповідної тест-ознаки
0,0 – 0,1	низький	сприятливий
0,1 – 0,2	нижче середнього	насторожуючий
0,3 – 0,4	середній	конфліктний
0,5 – 0,6	вище середнього	загрозливий
0,7 – 0,8	високий	критичний
> 0,8	максимально високий	небезпечний



Оцінка якості едафічного блоку екосистем за присутністю рослин-індикаторів

Про низьку якість ґрунту можуть свідчити рослини-індикатори. У таблиці наведені види, які найкраще презентують певні зміни ґрунтового покриву. За їх присутністю можна судити про агрохімічну якість ґрунтів без проведення аналізів.

Рослини-індикатори низької агрохімічної якості ґрунту

Індикатори сирості нижніх шарів ґрунту



Хвощ польовий (*Equisetum arvense* L.)



Підбіл звичайний, або мати-й-мачуха (*Tussilago farfara* L.)



Гірчак земноводний (*Polygonum amphibium* L.)

Індикатори застійної вологи в орному шарі ґрунту



М'ята польова
(*Mentha arvensis* L.)



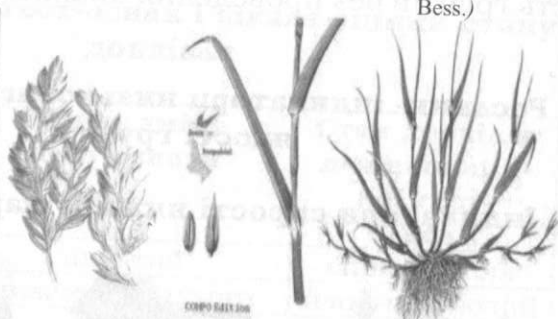
Хвощ лісовий (*Equisetum sylvaticum* L.)



Водяний хрін лісовий
(*Rorippa sylvestris* (L.) Bess.)



Тонконіг звичайний
(*Poa trivialis* L.)



Мітлиця повзуча
(*Agrostis stolonifera* L.)



Перстач гусячий (*Potentilla anserina* L.)



Жовтець повзучий
(*Ranunculus repens* L.)



Чистець болотний
(*Stachys palustris* L.)

Індикатори підвищеної кислотності сухих та помірно-вологих ґрунтів



Шпергель звичайний
(*Spargula arvensis* L. р.р.)



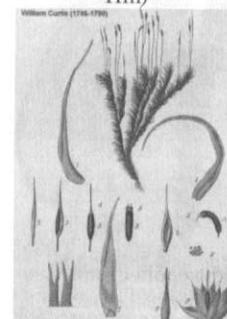
Верес звичайний
(*Calluna vulgaris* (L.) Hill)



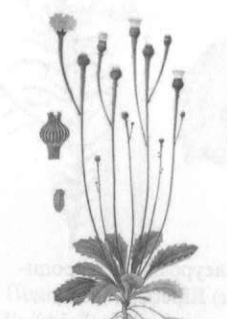
Конюшина польова
(*Trifolium arvense* L.)



Щавель горобиний
(*Rumex acetosella* L.)



Дикран мітловидний
(*Dicranum scorpiarium* Hedw.)



Арнозеріс дрібний (*Arnozeris minima* (L.) Schweigg. et Koerte)



Червець однорічний (*Scleranthus annuus* L.)



Пальчатка кровоспиняюча
(*Digitalia ischaemum* Schreb.)



Брусниця (*Vaccinium vitis-idaea* L.)



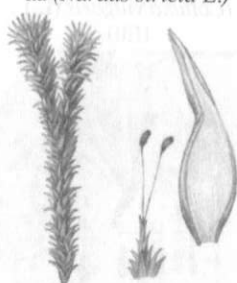
Біловус стиснутий, мичка (*Nardus stricta* L.)



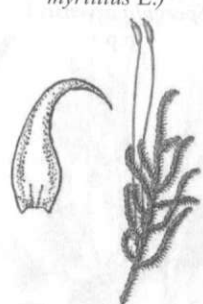
Чорниця (*Vaccinium myrtillus* L.)



Плеурозій (плевроциум) Шребера (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.)



Леукорбій сизий (*Leucobryum glaucum* (Hedw.) Aongstr.)



Гіпн кипарисовий (*Hypnum cupressiforme* Hedw.)

Індикатори підвищеної кислотності сирих ґрунтів (торфянистих)



Пухівка піхвова (*Eriophorum vaginatum* L.)



Андромеда багатоліста (*Andromeda polifolia* L.)



Аулакомній болотний (*Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr.)



Сфагн магеланський, або сфагн середній (*Sphagnum magellanicum* Brid. (S. Medium) Limpr.)



Сфагн дібровний (*Sphagnum nemoreum* Scop.)



Політріх звичайний (*Polytrichum commune* Hedw.)



Перстач прямостоячий (*Potentilla erecta* (L.) Hampe)

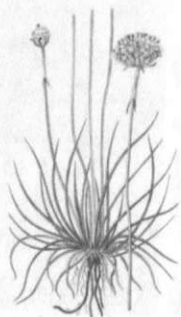


Буяхи, лохина (*Vaccinium uliginosum* L.)



Багно звичайне (*Ledum palustre* L.)

Індикатори збідненості ґрунту



Армерія видовжена (*Armeria elongata* (Hoffm.) Koch)



Роговик польовий (*Cerastium arvense* L.)



Нечуйвітер волохатенький (*Hieracium pilosella* L.)



Очиток їдкий (*Sedum acre* L.)

Індикатори підвищеної кислотності помірно-вологих і вологих ґрунтів



Блехнум колосистий (*Blechnum spicant* With.)



Плаун п'ядич колючий (*Lycopodium annotinum* L.)



Бацзанія трилопатева (*Bazzania trilobata* (L.) S.F.Gray)

Індикатори засоленості ґрунту



Покісниця розставлена (*Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.)



Ситник Жерарда (*Juncus Gerardi* Lois.)

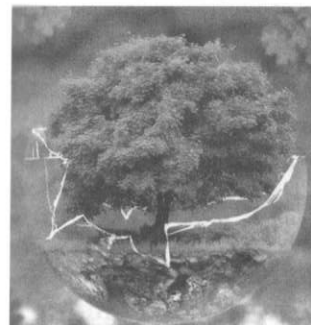


Конюшина суніцевидна (*Trifolium fragiferum* L.)

На ділянці розміром 10×10 м² виявіть види, які представлені в таблиці 10, і визначте ступінь їх домінування в балах. Отримані дані занесіть у таблицю.

Бланк протоколу для визначення агрохімічної якості ґрунтів за присутністю видів-індикаторів певного типу порушень ґрунтового покриву

Види -індикатори агрохімічних показників	Домінують (0)	Субдомінують (1)	<1 % (2)	Відсутні (3)
Індикатори застійної вологи в орному шарі ґрунту				
Індикатори сирості нижніх шарів ґрунту				
Індикатори підвищеної кислотності				
Індикатори збідненості ґрунту				
Індикатори засоленості ґрунту				
Σ балів				
Загальна Σ балів				



Біоіндикація стану довкілля за цитогенетичними показниками зачаткових етіологованих листків вегетативних бруньок тополі (*Populus L.*)

Перебуваючи в умовах багаторічної експозиції на різних територіях, деревні види мають цілий ряд переваг перед трав'янистими тест-об'єктами при індикації довготермінових тенденцій, а також при оцінці буферної здатності біологічних систем по відношенню до комплексу стресорів середовища. Особливо перспективні для біоіндикації деякі інтродуковані представники роду ***Populus L.*** Серед них тополя берлінська (*Populus berolinensis* (C.Koch) і тополя китайська (*Populus simonii* Carr.). Зазначені види мають високу газопоглинаючу й акумулятивну здатність стосовно деяких полютантів. При здійсненні біоіндикації довкілля за допомогою деревних порід особливу увагу необхідно звернути на цитогенетичні показники вегетативних бруньок.

Для дослідження цитогенетичної активності комплексу факторів довкілля використайте клітини меристеми зачаткових етіологованих листків вегетативних бруньок тест-рослин. Внутрішньобруньковий листковий зачаток зафіксуйте в суміші Карнуа (96° спирт, хлороформ, льодяна оцтова кислота у співвідношенні 6:3:1). Фарбування проведіть 4%-м ацетоферумгематокселином з наступним просвітленням і консервуванням у суміші Го-

ера. Зафарбовані листочки помістіть на предметне скло. Відділіть від листочка його основу, де найчастіше зустрічаються мітози, а іншу частину викиньте. Основу листочка роздавіть під покривним скельцем і препарат продивіться під мікроскопом. Підрахунок аберацій хромосом проведіть анателофазним методом за методикою З.П.Паушевої. Паралельно для встановлення цитотоксичності факторів довкілля дослідіть мітотичну активність меристеми зачаткових листків і проаналізуйте співвідношення кількості клітин у фазах мітозу.



Біоіндикація ґрунтів за допомогою кореневої апікальної меристеми проростків *Allium cepa* L.

Стійкий інтерес до вивчення механізмів токсичної та мутагенної дії сполук металів на рослини з використанням кореневої апікальної меристеми, як модельної системи, пояснюється тим, що саме кінчики коренів першими безпосередньо контактують із різними хімічними речовинами у ґрунті та воді.

Класичним методом для дослідження токсичного впливу забруднювачів довкілля на живі об'єкти є тест на корневих клітинах цибулі-батуна (так званий *Allium*-тест), який дозволяє здійснювати відносно швидкий скринінг хімічних сполук із зазначенням їх потенційного біологічного ризику. Важливою перевагою цього методу цитогенетичного моніторингу є добра кореляція його результатів із результатами, одержаними на інших тест-системах. *Allium*-тест дає можливість вивчати два аспекти токсичності:

- ✓ загальну токсичність (або фітотоксичність) на основі пригнічення росту корінців цибулі (*Allium cepa* L.);
- ✓ цитотоксичність, задокументовану мікроскопічним дослідженням хромосомних аберацій та ядерних аномалій у клітинах корневих меристем (рис. 36).

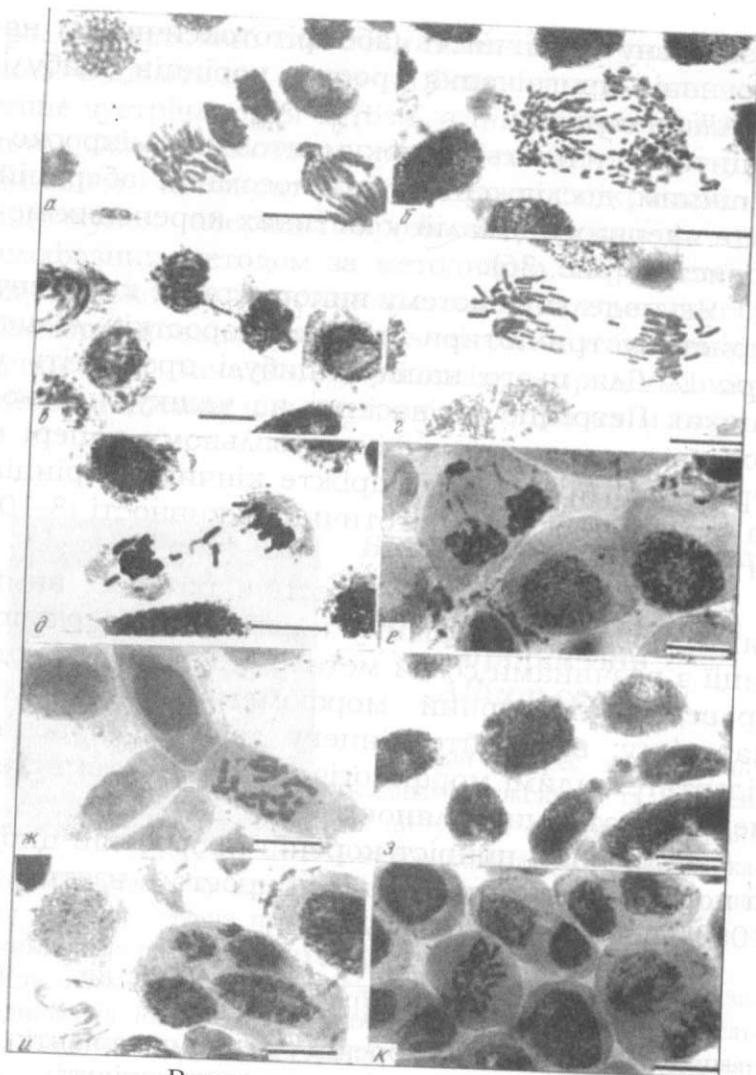
Як модельну систему використовуйте кореневу меристему три-чотири-денних проростків *Allium cepa* L. Для цього насіння цибулі проростіть у чашках Петрі (по 10 насінин на чашку) на зволоженому дистильованому фільтрувальному папері в термостаті при 25°C. Відріжте кінчики корінців на стадії найбільшої мітотичної активності (8-10-та год ранку).

Перед зануренням у тестові розчини виміряйте початкову довжину коренів, після експозиції з розчинами солей металів протягом 24 год. проведіть повторний морфометричний аналіз матеріалу: виміряйте кінцеву довжину коренів, відмітьте видимі морфологічні зміни (потемніння меристематичних ділянок).

Відносний приріст коренів проростків цибулі порівняно з контрольним приростом, взятим за 100%, визначте за формулою:

$$\text{відносний приріст} = \frac{(l_2 - l_1) \cdot l_{01}}{(l_{02} - l_{01}) \cdot l_1} \cdot 100\%, \text{ де}$$

- l_1 –початкова довжина коренів у певному варіанті;
- l_2 –кінцева довжина коренів, у певному варіанті;
- l_{01} –початкова довжина коренів у контролі;
- l_{02} –кінцева довжина контрольних коренів.



Види цитогенетичних аномалій:

а – норма; б – не зафарбовані ділянки хромосом («сегментування»); в – хромосомний міст в телофазі; г – фрагментація хромосом; д – відставання хромосом; е – триполюсний мітоз; ж – К-мітоз; і з – клітини з мікро ядрами; и – багатоядерна клітина; к – двоядерні клітини. Масштаб 10 мкм

Для визначення рівня мітотичної активності клітин кореневої меристеми проростків цибулі зразу ж після завершення експозиції матеріал зафіксуйте в оцтовому алкоголі (1:3) протягом 18 год. при 10°C і перенесіть в 70° етанол. Для цитогенетичного аналізу матеріал зафарбуйте ацетоорсеїном протягом 48 год. при кімнатній температурі (18°C), проведіть мацерацію в киплячій 45% оцтовій кислоті протягом 1 хв. та приготуйте тимчасові давлені препарати корневих кінчиків цибулі в молочній кислоті. Особливості цитотоксичної дії солей металів оцініть за зміною мітотичного індексу, індексу аберацій, відсотків пікнотичних ядер на препаратах, а також частоти зустрітваності злипання хромосом у мітотичних клітинах. Вищезазначені цитологічні параметри визначте за допомогою таких формул:

$$\text{мітотичний індекс} = \frac{\sum \text{клітин на всіх стадіях мітозу}}{\sum \text{обстежених клітин}} \cdot 100\%$$

$$\text{індекс хромосомних аберацій} = \frac{\sum \text{клітин з аберациями}}{\sum \text{клітин на стадіях мітозу}} \cdot 100\%$$

$$\text{відсоток пікнозу} = \frac{\sum \text{клітин з пікнотиним и ядрам}}{\sum \text{обстежених клітин}} \cdot 100\%$$

$$\text{відсоток злипання хромосо} = \frac{\sum \text{клітин з хромосомми, що злиплися}}{\sum \text{клітин на стадії мітозу}} \cdot 100\%$$

Для всіх досліджених параметрів розрахуйте репрезентативні об'єми вибірок, довірчі інтервали.



**Біоіндикація ґрунтів
за цитогенетичними
показниками корневих
меристем проростків
Pisum sativum L.
(за Паушевою З.П.)**

Мала кількість хромосом ($2n=14$), чітко означена меристематична зона кореня, здатність до активного проростання в лабораторних умовах у будь-яку пору року роблять горох посівний (*Pisum sativum* L.) зручним об'єктом для цитогенетичних досліджень.

Насіння відмийте 5-6 об'ємами водопровідної води від механічних решток і поламаних насінин. Потім промийте дистильованою водою. Залейте насіння слабким розчином перманганату калію ($KMnO_4$) на 5-7 хвилин. Знову промийте дистильованою водою. Залейте горох 2-3 об'ємами дистильованої води і помістіть на 20-24 години у темне місце. Через зазначений термін часу воду злийте й промийте насіння 2-3 об'ємами дистильованої води. Візьміть середньозмішані проби ґрунту з 4-х місць даної реперної точки і насипте в 4 чашки Петрі. У кожен з них покладіть по 10 насінин гороху посівного.

Насіння проростіть у термостаті при $25^{\circ}C$ протягом 3-х діб. Обережно за допомогою пінцета вийміть проростки з ґрунту і відріжте кінчики корінців. Зробіть це на стадії найбільшої мітотичної активності (8-10 год ранку). Матеріал з кожної чашки Петрі помістіть на окрему мар-

леву серветку, в яку вкладіть значок певної форми, вирізаний із твердого глянцевого паперу (V, \diamond , \heartsuit , \bullet , \blacksquare , \square , $-$). Корінці проростків, одержані на ґрунтах із різних місць однієї реперної точки, позначте різною кількістю значків однієї форми. Марлеві серветки з укладеними в них корінцями та значками перев'яжіть ниткою. Марлеві вузлики помістіть у бюкси зі спирт-оцтовим фіксатором (3:1) на 1,5 год. так, щоб нитка звисала назовні. Фіксувати необхідно в темноті при щільно закритій кришці, об'єм фіксатора повинен бути приблизно в 50-100 разів більший за об'єм біологічно матеріалу. Після фіксації корінці промокніть фільтрувальним папером. Усі подальші операції проводьте у бюксах із притертою кришечкою! Промийте матеріал в 70° спирті (70 мл 96° + 26 мл дистильованої води), а потім помістіть у чистий 70° спирт для тривалого зберігання. Корінці із 70° спирту перенесіть у дистильовану воду для промивання на 5-10 хв., промокніть фільтрувальним папером. Потім помістіть матеріал в 1н HCl кімнатної температури на 4 хв. Одразу після цього – в 1н HCl із температурою $60^{\circ}C$ на кілька хвилин для гарячого гідролізу (для гороху – на 10 хв.). Слідкуйте за постійним підтриманням температури $60^{\circ}C$ на водяній бані! (поряд із водяною банею постійно тримайте кип'яток). Після гарячого гідролізу швидко перенесіть матеріал у 1н HCl кімнатної температури на 3-4 хв. Згодом перенесіть корінці в дистильовану воду для промивання на 4 хв. Помістіть матеріал у реактив Шиффа на 1,5 год. для фарбування. Після цього промийте зразки в сірчистих водах I, II, III по 4 хв. у кожній воді, зразки не витирайте. Промий-

те матеріал у проточній воді 10-15 хв. (зразки помістити в склянку під струмінь води), а потім у дистильованій – 1-2 хв. Промокніть зразки і помістіть в 70° спирт на зберігання або одразу ж приготуйте давлені препарати. На давлених препаратах корінців проведіть підрахунок патологій мітозу анафазним методом і визначте мітотичну активність меристематичних клітин шляхом обчислення профазного, метафазного, анафазного, телофазного, а також мітотичного індексів. Підрахунки проведіть під мікроскопом МБИ-11 із загальним збільшенням $\times 700$.

Реактив Шиффа (фуксин-сірчану кислоти) приготуйте так: 1 г основного фуксину розчиніть в 200 мл киплячої води, остудіть до 50°C і додайте 20 мл 1н HCl; остудіть до 25°C і додайте 1 г сухого метабісульфату натрію (Na₂S₂O₅). Розчин помістіть у циліндр або конічну колбу, загорнуту чорним папером (крім дна). На другу добу рідина знебарвиться. Щоб визначити це, посуд покладіть на білий папір, відкрийте кришку і подивіться всередину. Іноді рідина має слабо-жовтий колір. Якщо колір дуже жовтий, то додайте на кінчику пінцета метабісульфіт натрію. Після забарвлення реактивом Шиффа може виникнути необхідність провести мацерацію рослинних об'єктів. У цьому випадку використовують цитазу із зобної рідини виноградних равликів, одержану методом Фаберже, доповненим А.Б. Іорданським.

Зобну рідину добувають із равликів *Helix lucorum taurica*, убитих швидким заморожуванням. Очистіть її центрифугуванням при 20 тис. обертів за хвилину протягом 30 хв. І зберігайте у замороженому вигляді при -4°C. Корінці, зафар-

бовані реактивом Шиффа, поміщають спочатку на фільтрувальний папір, а потім у пробірки, що щільно закриваються, об'ємом 1,5 мл. У пробірки додайте цитазу по 0,05 мл на 10 корінців. Мацерація продовжується 20 год. при кімнатній температурі.

Сірчисті води приготуйте так: до 200 мл дистильованої води додайте 10 мл 10% розчину метабісульфіту натрію і 10 мл 1 н HCl.

Використовуйте в роботі лише свіжоприготовлений розчин!

Відсоток аберантних анафаз A_a визначте за формулою:

$$A_a = \frac{a}{A} \cdot 100, \text{ де}$$

a - кількість аберантних анафаз;

A - загальна кількість клітин на стадії анафази.

Мітотичний індекс M_i визначте за формулою:

$$M_i = \frac{M}{K} \cdot 100, \text{ де}$$

M - кількість клітин, які знаходяться на різних стадіях поділу;

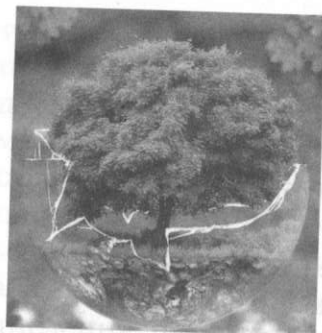
K - загальна обстежених кількість клітин.

Профазний індекс визначте за формулою:

$$P_i = \frac{P}{K} \cdot 100, \text{ де}$$

P - кількість клітин на стадії профазы;

K - загальна кількість клітин.



Біомоніторинг стану атмосферного повітря за реакцією пилку різних рослин-індикаторів

Відомо, що найбільш чутливими процесами, на які впливають несприятливі та стресові умови (в тому числі й забруднення середовища), є репродуктивна діяльність і тривалість життя рослин. При дії несприятливих факторів можуть спостерігатися зсуви як у чоловічій (пилкок), так і в жіночій (зародковий мішок) сферах. У першому випадку це виражається у збільшенні стерильності пилкових зерен, що призводить до зниженого проростання й зменшення росту пилкової трубки, в результаті чого вона не досягає зародкового мішка і не відбувається запліднення. У другому випадку гине сам зародковий мішок на перших етапах поділу після запліднення. Відомо, що клітини, які діляться, володіють високою чутливістю до несприятливих впливів. При сильних антропогенних впливах (забруднення повітря) у клітинах зародкового мішка підвищується кількість мутацій і хромосомних аберацій.

Роботи, проведені різними авторами з різними рослинами (тютюн, мишачий горошок, підбіл, подорожник, кукурудза, сосна звичайна і модрина сибірська та ін.), показали, що в зоні впливу заводів, автомобільних доріг збільшується кількість стерильних пилкових зерен рослин.

Для аналізу готують тимчасові давлені препарати пилкових зерен; останні обробляють аце-

токарміном за Джесену (1965). Ацетокармін широко застосовується для забарвлення хромосом. Можна використовувати як пророслий, так і непророслий пилкок (життєздатні пилкові зерна – червоні). Даний барвник у життєздатних пилкових зерен забарвлює зернисту цитоплазму та спермій у густий карміново-червоний колір, тоді як стерильні пилкові зерна майже не забарвлюються карміном або забарвлюються нерівномірно. Зазначені відмінності між життєздатними та стерильними пилковими зернами неважко встановити, якщо пилкок має тонку екзину. У деяких культур, наприклад у гречки, пилкові зерна мають товсту екзину, через яку важко побачити спермії за допомогою ацетокармінового забарвлення. Тому більш зручним і універсальним виявився йодний метод.

Оснoву цього методу складає визначення крохмалю за допомогою йодної реакції (реакція з йодом у йодистому калії), наявність якого показує його фертильність (синє забарвлення) (З.П.Паушева, 1988). Фертильні та стерильні пилкові зерна відрізняються за вмістом крохмалю. Фертильне пилкове зерно повністю заповнене крохмалем. У ряді випадків забарвлення може бути від темно-пурпурового до чорного. Крохмаль, що тільки утворився, буде мати забарвлення від червоного до світло-бурого кольору.

Методика визначення проростання пилку і росту пилкових трубок пропонується за У.Х.Смітом (1985). При збиранні пилку необхідно враховувати, що у деревних видів викид пилку відбувається відносно швидко: за час від декількох год. до декількох діб. Зібраний пилкок може

зберігатися в холодильнику досить довго (в окремих видів хвойних – до року і більше).

Зерно пилку, яке попало на приймочку або овулярний конус, повинно прорости й утворити трубку довжиною в кілька міліметрів, щоб досягти зародкового мішка. Численні домішки в повітрі пригнічують розвиток пилку й ріст пилкової трубки. При цьому деякими авторами встановлена синергічна дія двооксиду Сульфуру і Нітрогену, озону й альдегідів на зниження росту трубки (для тютюну, що ріс біля дороги, ріст знизився на 89-98%).

Зібрані квіти в марлевих вузликах зберігайте в холодильнику у маленькій скляній тарі, в 40° спирті до аналізу. Візьміть декілька квітів з одного вузлика. Струсіть пилок з квітів на предметне скельце шляхом різких дотиків квітки до предметного скла. На пилок капніть краплю йодного розчину, видучіть зайві тканини, накрийте покривним скельцем.

Роздивіться пилок при збільшенні мікроскопа 10x40. Нежиттєздатні пилкові зерна в йодному розчині будуть знебарвленими або буруватими. Синє забарвлення з йодом у йодистому калії свідчить про наявність крохмалю в пилку, а отже, про його життєздатність. Спочатку в полі зору мікроскопа підрахуйте кількість зерен, забарвлених у темно-фіолетовий колір, а потім – безбарвних або слабо забарвлених. Підрахунок проведіть у кількох (хоча б в 3-х) полях зору. Підрахуйте відсоток темно-фіолетових (життєздатних) пилкових зерен від загальної кількості обстежених зерен.

Розчин йоду в йодистому калії приготуйте так:

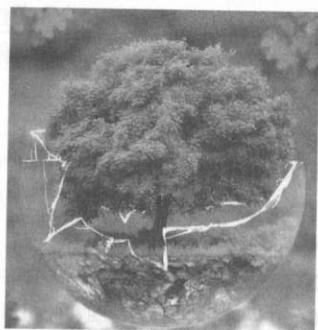
У 100 мл дистильованої води розчиніть 2 г йодистого калію, після чого в цьому розчині розчиніть 0,2 г кристалічного йоду.

Визначення проростання пилку та подовження пилкових трубок

Пилок рослин, що рано цвітуть, зберіть і висійте на агар у стерильні чашки Петрі. Проростіть пилок у термостаті при температурі 25-26°C декілька діб, потім продивіться під мікроскопом. Підрахуйте кількість пророслих пилкових зерен. Визначте довжину пилкових трубок у різних варіантах досліду. Підрахуйте відсоток інгібування (проростання пилку та подовження пилкових трубок) у порівнянні з контролем, узятим за 100%.

Пилок можна також пророщувати на 15% розчині цукрози, яким змочують 2 фільтри. Пилок хвойних може прорости швидко (доба).

2% агар приготуйте так: у 100 мл дистильованої води внесіть 2 г агару, нагрійте на киплячій водяній бані до повного розчинення. Гарячий розчин швидко розлийте по 20-30 мл у простерилізовані чашки Петрі, дайте застигнути.

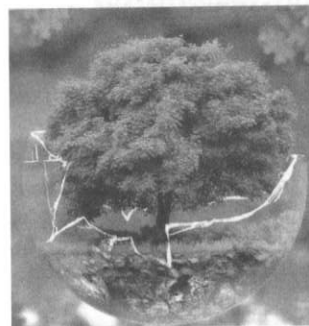


Біоіндикація стану довкілля за відсотком зрілого насіння стручків робінії псевдоакацієвої (акації білої)

У жовтні зберіть стручки робінії псевдоакацієвої (акації білої) біля певного джерела техногенного забруднення та на одній із відносно чистих вулиць, розміщених у тому ж кварталі. У зібраних стручках визначте загальну кількість утворених насінневих зачатків і кількість зрілого насіння.

Схема запису результатів дослідження

Місце відбору	Загальна кількість утворених насінневих зачатків	Кількість зрілого насіння	Відсоток зрілих насінин
Техногенне джерело:			
Назва відносно чистої вулиці:			



Визначення стану довкілля методом А.І.Федорової та А.М. Нікольської за комплексом ознак хвойних

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

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

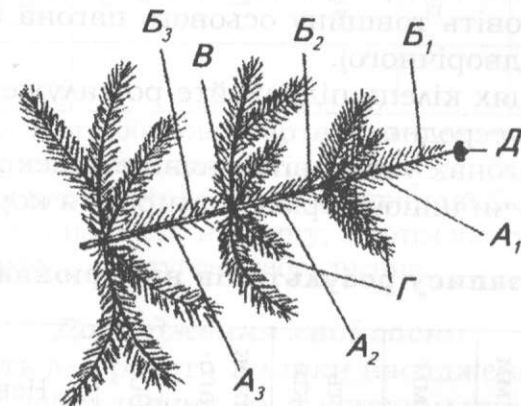
Використання хвойних дає можливість проводити біоіндикацію на великих територіях. Хвойні – основні індикатори, які застосовувалися для оцінки стану лісів Європи. Їх використання також досить інформативне на малих територіях (наприклад, вплив автодороги на прилеглу зону, якщо вона прилягає до хвойного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

За завданням викладача, за тиждень до зняття зріжте гілки умовно одновікових хвойних дерев, найбільш поширених у даній місцевості (наприклад, для міських умов – ялина європейська (*Picea abies* (L.) Karst і ялина сиза (*Picea glauca* (Moench) Voss). Гілки зріжте на висоті 2 м з певної частини крони, поверненої до зон із забрудненим повітрям (поблизу автодоріг, підприємств, особливо з викидами у повітря оксиду Сульфуру (VI), на який хвойні сильно реагують). Контролем слугують гілки з умовно одновікових дерев, зібраних у чистій зоні заповідника, зеленій зоні міста або в посадках лісових культур.

Вивчення хвої

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

Виміряйте довжину хвої на пагоні минулого року, а також її ширину (в середині хвоїнки) за допомогою вимірювальної лупи. Використовуючи міліметровий папір, установіть ціну поділки лупи. Повторність 10-20-кратна, оскільки біометричні ознаки доволі мінливі. Установіть тривалість життя хвої шляхом огляду пагонів із хвою по мутовках.



Частинки гілки хвойного дерева, що служать біоіндикаторами: А₁, А₂, А₃ – осьові пагони, першого, другого та третього років; В₁, В₂, В₃ – хвоя першого, другого та третього року; Г – бокові пагони; Д – бруньки.

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

Зближення хвоїнок. У результаті погіршення росту пагона в забрудненій зоні пучки хвоїнок більш зближенні і на 10 см пагона їх більше, ніж у чистій зоні. Якщо пагін менший за 10 см, під-

рахунок проведіть за існуючою довжиною і переведіть на 10 см. У всіх випадках вимірювань виведіть середнє. Дані занесіть у таблицю.

Дослідження пагонів

Виміряйте довжину приросту кожного року, починаючи від останнього, рухаючись послідовно по міжвузлях від року до року.

- ✓ Установіть товщину осьового пагона (на прикладі дворічного).
- ✓ У місцях кілець підрахуйте розгалуження, виведіть середнє.
- ✓ На пагонах установіть наявність некрозів (точкове чи іншої форми відмирання кори).

Схема запису результатів вимірювань хвої

Місце відбору зразка	Довжина, мм	Ширина, мм	Тривалість життя, років	Число хвоїнок на 10 см пагона, шт.	Вага 1000 шт.	Некрози	
						%	характер

Дослідження бруньок

- ✓ Підрахуйте число сформованих бруньок,
- ✓ Виміряйте довжину і товщину бруньок.

Дані, одержані в результаті досліджень пагонів і бруньок занесіть до таблиці.

Схема запису результатів вимірювань пагонів і бруньок

Місце збору	Пагони			Бруньки		
	довжина осьових	товщина осьових пагонів	розгалуження, шт.	число, шт.	довжина, мм	товщина, мм

Примітка. Для побудови карти стану середовища на певній території за реакцією хвойних усі біометричні показники виражайте в балах (найвищий бал – в чистій зоні – 5) і нанесіть на карту, а потім контурними лініями виділіть зони ступеня забруднення.

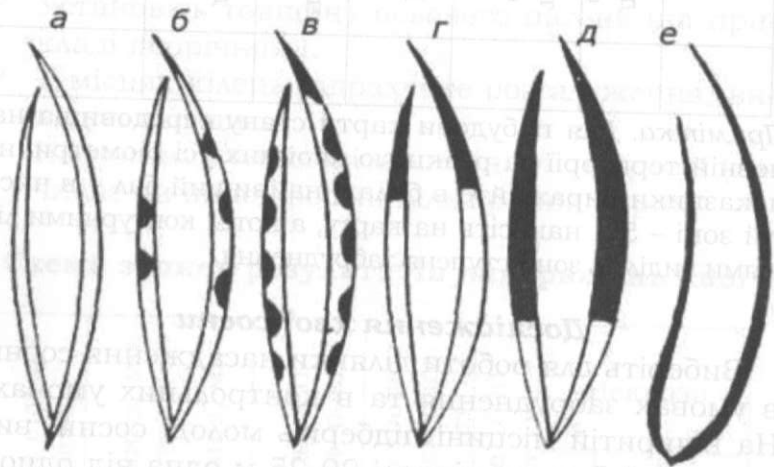
Дослідження хвої сосни

Виберіть для роботи ділянку насадження сосни в умовах забруднення та в контрольних умовах. На відкритій місцині підберіть молоді сосни, висотою 1-1,5 м, на віддалі 20-25 м одна від одної. Якщо всі дерева високі, то дослідження можна проводити з використанням одного з бокових пагонів четвертої зверху мутовки. При проведенні роботи уважно оглядайте хвою другої зверху ділянки центрального пагона (ділянка попереднього року). За шкалою визначте клас пошкодження та всихання. При оцінці не потрібно звертати увагу на більш світле забарвлення кінчика хвоїнки, оскільки він сам по собі світлий.

Для достовірності дослідження відберіть 200 хвоїнок. Розбирати їх необхідно в лабораторії. Поділіть хвоїнки на групи, залежно від класу по-

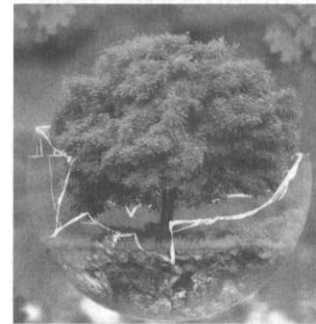
шкодження (КП). Порівняйте дані, отримані для хвої нинішнього року з попереднім, а також порівняйте хвою, зібрану із різних місцезростань. Також можна визначити тривалість життя хвої. Дані занесіть до таблиці і визначте рівень забруднення повітря, згідно таблиці.

Види пошкодження та усихання представлені на рисунку:



Класи пошкодження (КП) та усихання (КУ) хвої:
 а – хвоя без плям (КП-1), відсутні сухі ділянки (КУ-1);
 б – хвоя з невеликою кількістю дрібних плям (КП-2), відсутні сухі ділянки (КУ-1); в – хвоя з великою кількістю чорних та жовтих плям (КП-3), 2-5 мм кінчика засохло (КУ-2); г – всохла третина хвої (КУ-3); д – всохла більше половини хвої (КУ-4); е – повністю жовта і суха (КУ-4)

Якість повітря	Види пошкодження	Клас пошкодження (некрози)	Клас усихання	Відсоток кожного типу пошкодження
I	а	КП-1	КУ-1	
II	б	КП-2	КУ-1	
III	в	КП-3	КУ-2	
IV	г		КУ-3	
V	д		КУ-4	
VI	е		КУ-4	



Визначення токсичності полутантів довкілля для різних видів рослин методом висічок листків (за руйнуванням хлорофілу)

Вміст хлорофілу в листку – дуже мінлива величина, і з його руйнуванням пов'язана хлоротичність (зникнення темно-зеленого кольору і появи жовтизни). На круглій висічці листка (в більшості випадків по краях) у міру тривалості досліду зростають хлоротичні та некротичні ділянки. Таку появу можна простежити візуально і доволі швидко визначити токсичність того чи іншого компонента або їх суми в тих чи інших поєднаннях, які зустрічаються в природі. Інкубація висічок проводиться на 2%-й цукрозі (поживне середовище для більшості біотестових

досліджень) із додаванням токсикантів. Контроль – 2%-на цукроза.

Для різних видів рослин і типів листків потрібен різний час інкубації, який необхідно визначити експериментальним шляхом, хлорофіл у висічках може бути визначений візуально в порівнянні з контролем, який береться за 100 відсотків, а також інструментально (фотоколориметрично).

Дослідження впливу оксиду Сульфору (VI)

На дно ексикатора насипте Na_2SO_3 в об'ємі взятого тигелька, біля нього встановіть тигельок з концентрованою H_2SO_4 . На решітчастий круг ексикатора покладіть однакові шматки фільтрувального паперу, змоченого відстояною водою до повної вологості, на папір покладіть диски (діаметром 2 см) міжжилкової тканини листків нижньою стороною догори, щоб вільно проходив процес надходження газу через пори, розміщені більшою частиною з нижньої сторони листка. Диски висікають пробковим свердлом або гільзою (10 дисків на кожний варіант). Кришку ексикатора щільно закрийте, краї кришки попередньо змастіть вазеліном.

Проведіть різкий рух ексикатором, так щоб усередині тигельок із кислотою перекинувся на сульфід натрію, зазначте час появи реакції.

Реакція проходить за таким рівнянням:



Через деякий час спостерігається зміна кольору висічок листків різних рослин. Ця реакція може бути дуже швидкою (у чутливих видів рослин) або більш повільною. Виражається

вона в появі хлоротичної облямівки по краю висічок, відшаровуванні краю від фільтрувального паперу, а потім у появі некротичної бурої тканини, яка поступово поширюється на всю висічку.

Врахуйте час початку хлорозів і некрозів, число уражених дисків (із 10), відсоток ураження, порівняйте з контролем (узятим за 100 відсотків). Контроль поставте у великій кількості повторностей (не менше 30 дисків у ексикатор із чистим повітрям). Визначити пошкодження хлорофілу в дисках листків можна і фотометрично.

Побудуйте криві пошкодження листків сірчистим газом в порівнянні з контролем; на осі абсцис відкладіть час експозиції (год), а на осі ординат – відсоток пошкодженої тканини у висічках листка.

Кількість газу потрібної концентрації вище ГДК, кількість реактивів, які потрібно взяти для визначення можна розраховувати. Для цього попередньо виміряйте об'єм ексикатора наливши в нього води мірним циліндром. Потім розрахуйте, скільки газу необхідно для отримання в ексикаторі потрібної концентрації, наприклад 0,1% (тобто по 1 мл газу на кожний літр об'єму ексикатора). Далі, виходячи із того, що одна грам-молекула газу займає за нормальних умов об'єм 22,4 л, розрахуйте масу потрібного об'єму газу. Потім, виходячи із вищенаведеного рівняння і молекулярної ваги сполуки, розрахуйте наважку сульфату натрію, який дасть потрібну кількість газу. Сірчану кислоту для отримання газу візьміть у кількості 2-3 мл. Бажано використовувати більш

високі концентрації газів (у кілька разів вищі від ГДК) і нетривалі експозиції.

Дослідження токсичності забрудненої води

Узяту для дослідження воду упарте на водяній бані в 10 разів, нею до повної вологості змочіть 2 фільтри, на які покладіть диски, висічені із листків рослин. Чашки Петрі з дисками покладіть у термостат, інкубацію й оцінку проведіть так, як і в попередньому досліді. Кількість хлорофілу у висічках можна також визначити фотометрично.

Дослідження витяжки із ґрунту

Взяті зразки ґрунту (наприклад, однакові типи ґрунтів під вуличними посадками в різних частинах міста, які розрізняють по завантаженню вулиць автотранспортом) розітріть у ступці і просійте через дрібне сито. Зважте на кальці 10 г ґрунту в трикратній повторності, пересипте в колбочку або склянку, додайте 25 мл дистильованої води. Добре збовтайте 10-15 хвилин на качалці або вручну, залиште на ніч.

Потім рідину відфільтруйте через лійку зі складчастим фільтром. Рідину з колбою простерилізуйте в киплячій водяній бані методом занурення і кип'ятіння 10-15 хвилин, шийку колби закрийте фольгою. Охолодіть, потім цією витяжкою змочіть 2 фільтри до повної вологості. Фільтри простерилізуйте разом з чашками Петрі. На фільтри розкладіть диски листків наземних рослин нижньою стороною вниз. Повторність трикратна (по 10 дисків).

Чашки Петрі закрийте кришками і поставте у термостат в темноту при температурі +25-26°C. Спостереження проводьте через 1 добу вранці і ввечері кожного дня.

Контролем служать диски, поміщені на чисту простерилізовану воду. Результати виразіть у відсотках від контролю, взятого за 100, або абсолютно (за площею пошкодженої тканини). Графік побудуйте так, як і в досліді з газом.

Дослідження пестицидів та інших токсичних речовин

У якості токсичної речовини візьміть який-небудь пестицид і покажіть, що різні його концентрації можуть мати як інгібуючий, так і стимулюючий ефект. Найбільш зручний у цьому відношенні 2,4 Д, який у малих концентраціях діє як ауксин, а у великих – як гербіцид.

Відомо, що всі пестициди діють на біоту в мільйонних частках відсотка, тому як вихідний розчин 2,4 Д візьміть 10⁻³-10⁻⁴% (0,001%-0,0001%) у 2%-й цукрозі. Розчин приготуйте в невеликому об'ємі (50 мл на групу), потім розведіть до потрібних концентрацій. При розведенні деяких пестицидів можуть бути певні труднощі. У зв'язку з цим їх ліпше розводити спочатку в невеликому об'ємі цукрози (наприклад, у малій уварювальній чашці, з розтиранням скляною паличкою, а потім розбавити потрібним об'ємом розчинника в мірній колбі). Деякі пестициди старого виробництва (особливо довголежачі) потребують для свого первинного розчинення кілька крапель абсолютного або 80%-ного етанолу, а потім, після

розтирання в ньому, вводять основний розчинник. Вихідний розчин пестициду (2,4 Д) розлийте в пеніцилінові пляшечки по 5 мл. Наступні розчини приготуйте розведенням вихідного розчину. Наприклад, 1 мл 10^{-3} % розчину та 9 мл розчинника – отримуємо 10^{-4} % розчину. Кожен збовтайте, наступний розчин приготуйте із попереднього, чим отримаєте різні концентрації: 10^{-5} %, 10^{-7} %, 10^{-10} %.

Розчинами змочіть 2 фільтри, покладіть у чашки Петрі, на фільтри розкладіть диски листків наземних рослин, чашки помістіть у термостат. Спостереження та підрахунок варіантів, побудову графіків проведіть згідно з попередніми описами.

Зауважимо, що робота з поживним середовищем, яке містить цукрозу і елементи мінерального живлення (із ґрунту і води) без стерильних умов, може призводити до хибності результатів через бактеріальне забруднення. У зв'язку з цим поживне середовище ліпше простерилізувати в автоклаві.



Біотестування токсичності розчинених речовин за їх впливом на ріст відрізків колеоптилів пшениці

Колеоптіль – перший (безбарвний, зелений або червонуватий) листок при проростанні насіння злаку.

Колеоптіль не має листової пластинки і являє собою замкнуту трубку, в яку укладені листові зачатки і конус наростання рослини. Після того як колеоптіль пробиває ґрунт, він розривається і через отвір, що утворився виходить перший листок, а колеоптіль гине.



Колептіль пшениці

Біотест з відрізками колеоптилів пшениці також добре розроблений і базується на розтягуванні певної зони колеоптиля під дією тієї чи іншої речовини у порівнянні з контролем, який приймається за 100%. Розроблено тест для визначення ауксинів та інгібіторів, серед останніх і фенольні речовини, які у живій рослині найчастіше пригнічують ріст, а у великих кількостях (наприклад у стічних водах целюлозно-паперових комбінатів) токсичні речовини, які забруднюють питні води.

Нормальний ріст колеоптилів проводиться на 2%-му розчині цукрози у дистильованій воді, в якому і розчиняють ту чи іншу токсичну речо-

вину. Застосування даного методу дає можливість показати, що дія багатьох токсикантів дво-яка: в дуже малих концентраціях вони стимулюють ріст, а у більших – інгібують. Так, широко-відомий гербіцид 2,4Д у концентрації нижче 10^{-8} – $10^{-9}\%$ проявляє стимулюючий ефект, а вже в концентраціях 10^{-6} – $10^{-7}\%$ – інгібуючий.

При індивідуальній роботі можна використувати для нарізки відрізків колеоптилів спеціальний станочок, в якому виточені борозенки для вкладання проростків. Вкладені проростки затисніть з обох боків гумками. У поперечні борозенки, зроблені через 5 мм, вставте лезо і наріжте дуже швидко 10-12 штук відрізків колеоптилів. При нарізці можна використовувати спеціальний різачок. При відсутності різачка використовуйте міліметровий папір, покритий скельцем і лезо.

Підготуйте проростки пшениці. Для цього насіння замочіть на 18-20 год. у воді, на наступний день розкладіть пінцетом у кювети зародками догори і в одному напрямку на шар мокрої вати (2-3 см), на яку помістять два шари фільтрувального паперу. Вату зволожите до повної вологості (це можна регулювати, заливаючи надлишок води через край кювет). Кювету закрийте плівкою, підігнувши її краї під дно, поставте в термостат при температурі 25-27°C зародками на північ (це забезпечить рівніше проростання).

Проростки середнього розміру 1,5-2,5см (не більше), великі проростки втрачають чутливість. Для встановлення необхідного часу замочування і пророщування проведіть пробні роботи, оскільки на ці процеси впливають багато факторів: сорт пшениці, схожість, розмір насіння, пора року. У

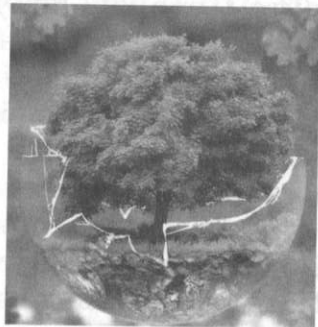
процесі проростання насіння існує певна періодичність, зумовлена генетично, і зовнішні фактори тут відіграють незначну роль. Насіння рослин, що не вимагає стратифікації, добре і швидко проростає у весняний період, гірше – в осінній і дуже погано – в період глибокого спокою (з половини листопада до половини січня).

Із вихідного розчину гербіцидів або інших досліджуваних речовин приготуйте серію розчинів на 2 %-ій цукрозі методом послідовного розведення. Останній із розчинів повинен бути нижче ГДК (для гербіцидів $<10^{-6}\%$). Зробіть витяжку із ґрунту: 10 г розтертого ґрунту залийте 25 мл дистильованої води, сильно збовтайте 10-15 хв., покладіть, щоб відстоялося і профільтруйте. Для біотестування можна взяти воду з річки або водосховища. Проростки пшениці зріжте при основі лезом або пінцетом із заточеними кінчиками, складіть у чашку Петрі. Використовуючи міліметровий папір і предметне скло, розділіть колеоптилі на фракції: 1,5-2 мм, 2-2,5 мм. Попрацюйте з переважаючою фракцією. Потім від колеоптилю лезом відріжте кінчик 0,5 мм, виріжте наступні 5 мм – зону розтягування – і помістять на 10-15 хв. у чашку Петрі з дистильованою водою для видалення ауксинів і кращої реакції на досліджувану речовину. Помістять вирізані зони колеоптилів (по 10 шт.) у пеніцилінові баночки з досліджуваним розчином, закрийте гумовими корками. Повторність дослідів – трикратна. Пеніцилінові пляшечки обережно поверніть набік, відрізки колеоптилів розправте так, щоб вони не плавали в розчині. У такому стані помістять їх у тер-

мостат при температурі 25-26°C на 2-3 дні (можна на тиждень).

По закінченні вказаного терміну зніміть результати вимірювання довжини відрізків колеоптилів. Ріст їх на чистій 2%-й цукрозі візьміть за контроль (100%), реакцію на досліджувані розчини підрахуйте відносно контролю.

Побудуйте гістограму інгібування (а іноді стимулювання) росту окремими токсичними речовинами або їх сумішами (витяжка з ґрунту, вода) у різних розведеннях.



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

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

Цей тест оцінює тільки водорозчинні компоненти зразка. Він є легким і чутливим способом виміру загальної токсичності, викликані хімічними чинниками ґрунту, або криничної води. Показником токсичності виступає пригнічення

росту коренів цибулі. Установлено, що ріст корінців пригнічується при більш низьких концентраціях токсиканту, ніж проростання насіння.

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

Відберіть по 12 цибулин звичайної цибулі ***Allium cepa* L.** розміром 1,5 см у діаметрі для кожного варіанта досліду. Для запобігання висиханню коренів неочищені цибулини одна за одною зберіть у банку з чистою водою. Так Ви підготуєте цибулини до експерименту.

Видаліть гострим ножом жовто-коричневі зовнішні луски.

Для кожного досліджуваного варіанта підготуйте по 12 пробірок в штативі.

Вийміть усі цибулини з банки, помістіть їх на сухий папір і злегка підсушіть. Розмістіть по одній цибулині на верхівку кожної пробірки так, щоб денце торкалось рідини у пробірці.

Через 24 години замініть старі водні витяжки ґрунту на нові з тих же пунктів забору. Повторіть цю процедуру ще через 24 години. На цей раз відкиньте з кожного варіанту по 2 цибулини з найменш розвиненими коренями. Отже, в кожному варіанті у Вас залишиться тепер по 10 цибулин. Ще через 24 години (тобто через 3 доби від початку експерименту) виміряйте за допомогою лінійки довжину всіх 10 пучків коренів у кожному варіанті. Відкиньте особливо короткі або довгі ко-

рінці і розрахуйте середній показник довжини коренів 10 цибулин для кожного варіанту.

З метою вивчення можливості зворотного впливу; продовжте дослідження ще на додаткові 24 години. При цьому в кожному варіанті замініть воду в 5 пробірках на відстояну водопровідну воду, а в інших 5 пробірках знову зробіть заміну на свіжу воду відповідного варіанту. Через 24 години подивіться чи поліпшився ріст коренів у 5 перших пробірках порівняно з 5 останніми. Якщо так, то це свідчить про відновлення коренів і про більш менш зворотній вплив токсичних речовин водної витяжки ґрунту чи криничної води.

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

Відзначте витяжки, які зумовили найбільше пригнічення росту кореня

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



Біотестування загальної токсичності ґрунту або криничної води за ростом коренів крес-салату (*Lepidium sativum* L.)

За допомогою цього тесту, як і попереднього, можна оцінити загальну токсичність ґрунту або криничної води. Як тест-рослину використовують насіння крес-салату (*Lepidium sativum* L.).

Підготуйте і підпишіть необхідну кількість чашок Петрі з фільтрувальним папером (покладеним в 2 шари).

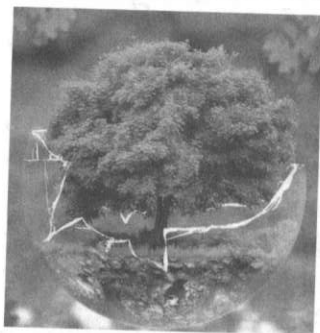
Відберіть насіння однакового розміру, форми і кольору для тестування, використовуйте 20-25 насінин для однієї чашки Петрі.

У кожену чашку влийте 5-7 мл досліджуваної криничної води або водної витяжки ґрунту. Об'єм повинен бути таким, щоб папір фільтру зволожився, але без надлишку вологи. Як контроль використовуйте відстояну протягом доби водопровідну воду.

Розмістіть насіння в кожену чашку Петрі рядами, 4-5 рядів залежно від числа насінин, що використовуються. Потім закрийте чашки Петрі. Поставте чашки Петрі в темний вологий термосат, установіть температуру на рівні 22 ± 2 °C на 120 год. (5 днів). Після інкубації запишіть кількість контрольних і дослідних насінин, які проросли. Ця інформація може дати приблизну оцінку токсичності зразка.

Виміряйте довжину корінців від потовщення (гіпокотилія) до їх кінця, в мм. Для кожного варіанта вирахуйте середнє значення довжини корінців і стандартну похибку за програмою STATIST.

Відкладіть по осі У дані довжини корінців. На осі Х підпишіть варіанти, які відповідають різним місцям забору зразків (ґрунту або криничної води).



Біотестування токсичності ґрун- тів довкілля за проростанням насіння біотестерів

Тест на проростання насіння добре розроблений і дуже давно застосовується для встановлення впливу різноманітних фізіологічно активних речовин. Біологічні проби можна використовувати і для токсичної оцінки різних компонентів навколишнього середовища (в тому числі і повітряного забруднення). Так, А.М. Гродзинський та Д.М. Гродзинський (1973) описують ряд біологічних проб для дослідження газоподібних речовин, які або накачуються в різного роду камери з ємностей, де вони містяться, або виділяються безпосередньо в камеру в результаті хімічної реакції.

Використовують дрібне насіння льону (*Linum L.*), крес-салату (*Lepidium sativum L.*), маку (*Papaver L.*), кропу (*Anethum L.*), рижія (*Camelina*

Crants). Для достовірної оцінки необхідно використовувати не менше трьох тестів із різними видами насіння. Ліпше використовувати свіжезіbrane насіння, оскільки при його зберіганні на насінні розвивається сапрофітна мікрофлора і при проростанні в умовах вологих камер (колби, чашки Петрі, пробірки) воно може загнитати і випадати з досліду.

З метою профілактики насіння протравить. Сухе насіння занурте в 1%-й розчин перманганату калію на 30 хв., промийте дистильованою водою, вкостовуючи два шари марлі, обсушіть на фільтрувальному папері на повітрі.

Біотестування стічних вод, які ідуть на повторне використання (Федорова А.І., 2001), показало, що стічні води в неочищеному вигляді пригнічують проростання насіння і ріст проростків на 22%, після очисних споруд – на 12%, розведені у співвідношенні 1:1 або 1:2 – на 9%. Контролем у всіх випадках використовували відстояну водопровідну воду.

1. На дно широкогорлої колби помістіть вату або фільтрувальний папір, що виділяє токсичні пари тих чи інших речовин, якими вони проточені. До корка підвісьте на дротику шароподібну грудку сильно зволоженої вати, в яку попередньо втисніть насіння тест-рослин. Іншу колбу без токсичних парів, але з ватою і насінням використовуйте як контроль. Поставте обидві колби в термостат при температурі 25-26°C до початку проростання, а потім виставте на світло.

Спостерігайте за появою проростків (кількість проростків, розвертання листочків), потім виміряйте довжину і масу кожного проростка.

2. У великі пробірки на дно помістіть джерело газоподібних токсичних виділень (змочені ватки). Пробірки розмістіть під нахилом, поблизу горловини кожної покладіть складений в трое фільтр, який зволожите 1-2 мл води і засійте дрібним насінням маку, салату. Пробірки закрийте корками. Через кілька днів проведіть оцінку проростання насіння і росту проростків шляхом вимірювання останніх.

3. Два фільтри, змочені 2 мл витяжки ґрунту або забрудненої води (у випадку слабого забруднення потрібна концентрація води), або розчином гербіцидів (10-4-10-6%) помістіть на дно чашки Петрі, розкладіть на них 50 насінин, закрийте кришкою, поставте в термостат при температурі +25-26°C. Через деякий час оцініть ступінь проростання насіння і величину проростків по відношенню до контролю, взятому за 100%. Контроль зробіть на дистильованій воді. Оцінку проводьте, коли насіння на контролі проросте на 50%.



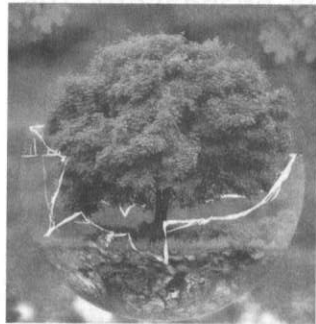
Визначення токсичності опадів за допомогою насіння або проростків біотестерів

Сконцентровану рідину (≈ 5 мл) можна використовувати для визначення токсичності опадів. У стерильні чашки Петрі на дно покладіть кружечки фільтрувального паперу, на які налийте рідину. На фільтри розсіпте 50 штук дрібних насінин: салату, маку, гірчиці або редиски.

Чашки Петрі закрийте кришками і помістіть у термостат при температурі 25-26°C. Контроль – чашки з тим же насінням, фільтри яких зволожені 5 мл дистильованої води. Після проростання насіння в контролі на 50% проведіть підрахунок. Дані щодо схожості зерна в дослідних варіантах виражають у відсотках по відношенню до контролю, який береться за 100%. Застосовують таку градацію: 100% – нема токсичності; 80-90% – дуже слабка токсичність; 60-80% – слабка; 40-60% – середня; 20-40% – висока токсичність; 0-20% – дуже висока токсичність близька до летальної.

Як біотестер можна використовувати однакові проростки гороху, квасолі, які відбирають з партії після їх проростання. У горошин зріжте половинки обох сім'ядоль, щоб у них було рівне ложе. Фільтрувальний папір помістіть на дно стакана ємністю 200-250 мл, змочіть 5 мл дослідного розчину, на дно помістіть по 5 підготовлених горошин, закрийте кришкою від чашки Петрі. По-

вторність повинна бути трикратною. Після того як проростки виростуть до висоти 5-7 см і більше (до кришки стакана), проведіть їх вимірювання. Контроль – горошини на дистильованій воді. Підрахунок проведіть так само, як і при біотестуванні з проростання насіння.



Біотестування токсичності субстратів за проростками різних біотестерів

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

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

II. Полив проростків досліджуваними розчинами (витяжка із ґрунту або стічні води різних підприємств) з певним ступенем їх концентрації й очистки.

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

У перших двох варіантах можна використовувати різні тест-рослини: пшениця (*Triticum* L.), овес (*Avena* L.), ячмінь (*Hordeum* L.), проростки деревних порід. Як тест-рослини у третьому варіанті використовують лише проростки дводольних: крес-салат (*Lepidium sativum* L.), салат травневий, редис (*Raphanus sativum* L. subsp. *Radicula* (Pers) DC) та інші.

Дослідження твердих субстратів (ґрунт, подрібнений торф)

Субстрат закладіть у склянки, зволожите однаковою кількістю води. Насіння тест-рослин попередньо змочіть у відстояній і очищеній водопровідній воді, розкладіть на два шари фільтрувального паперу у велику кювету, помістіть у термостат для пророщування при температурі +25-26°C. Коли довжина колеоптилів досягне 10-15 мм і з'являться корені, проростки розділіть на фракції по довжині і розсадіть по 10 рослин кожної фракції у склянку на досліджуваний субстрат. Контроль – субстрат, який беруть у відносно чистій зоні. Полив проводьте через трубочку відстояною й очищеною водопровідною водою.

Коли проростки досягнуть довжини 6-10 см (через 1-2 тижні) проведіть їх вимірювання і зважування. Проростки розділіть на частини (надземна частина, корені) і кожну частину виміряйте і зважте окремо. Як тестові рослини можна використовувати практично будь-які насінини.

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

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

Воду налейте у кювету, в кришці якої просвердліть отвори трохи менші від

досліджуваного насіння. Кришка повинна ледь торкатись води. В отвори вставте проростки так, щоб їх корені досягали води, і вирощуйте до довжини 6-10 см. Контролем служить відстояна й очищена водопровідна вода (пропущена через фільтр для очистки питної води).

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

Так само можна провести дослідження розчинених у воді токсичних речовин.

Метод поливу проростків тест-рослин досліджуваною забрудненою водою

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

Після досягнення проростками висоти 8-10 см, викопайте їх, обсушіть фільтрувальним

папером, розділіть лезом на частини (стебло і корені), виміряйте і зважте. Дані опрацюйте статистично, виразіть у відсотках до контролю.

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

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

Стаканчики наповніть однаковою кількістю промитого і прожареного піску або ґрунту, вставте скляну трубочку до дна, через яку проводьте полив відстояною водопровідною водою.

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

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

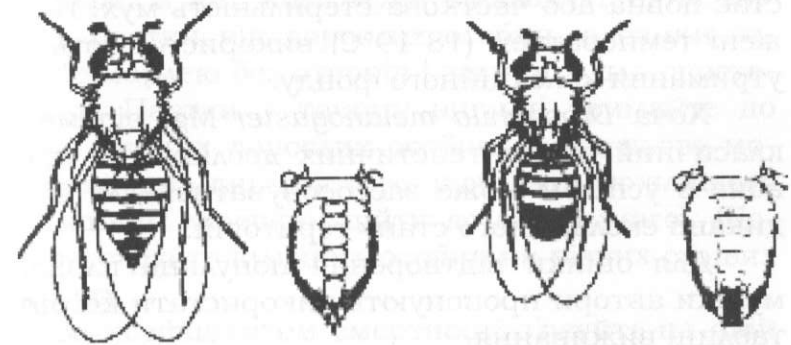
Полив субстрату для вирощування проводьте однаковими кількостями води через трубочку, використовуючи лійку з фольги.

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



Когорти виживання та частота патологічних мутацій плодової мушки (*Drosophila melanogaster* Mg.)

Drosophila melanogaster Mg. відноситься до роду *Drosophila* родини *Drosophilidae* ряду *Diptera* (Двокрилі). У жителів різних країн цей вид називається плодовою, банановою, або оцтовою мухою. Довжина дорослих мух біля 2 мм. У дикого типу - бурувато-жовте тіло та червоні складні очі. *Dr. melanogaster* походить з Індо-Малайської області, в даний час майже космополіт, за винятком крайніх арктичних районів. У природі надає перевагу вологим, затіненим місцям. У *D.melanogaster* Mg. яскраво виражений статевий диморфізм. Самців *D.melanogaster* Mg. легко відрізнити від самок за черевцем, яке закінчується зі спинної сторони однією широкою чорною смугою (у самок серія смуг). Крім того, самки крупніші за самців приблизно у 1,5 рази.



самка

самець

♀

♂

Рис. 36. Статевий диморфізм *Drosophila melanogaster* Mg.

За температури 25°C ембріональний розвиток плодової мушки займає біля одного дня, після чого з яєць вилуплюється личинка. Ще через 4 дні після двох линьок зріла личинка стає лялечкою.

Приблизно через 4 дні після цього, звільняючись від покривів, вилуплюється молода муха або імаго. Так за свій життєвий цикл дрозофіла зазнає повного метаморфозу. Хоча здебільшого спарювання відбувається протягом перших діб після вилуплювання мухи, відкладання яєць починається на наступний день, так що час однієї генерації складає приблизно 10 днів. При температурі 22-25°C середня тривалість життя плодової мушки становить 3-4 тижні, проте деякі дорослі мухи можуть жити до 10 тижнів.

При температурі 10°C личинковий період розтягується до 57 днів, але розвиток проходить ще нормально. При температурі вище 30°C на-

стає повна або часткова стерильність мух. Понижені температури (18-19°C) використовують для утримання колекційного фонду.

Хоча *Drosophila melanogaster* Mg. відома як класичний об'єкт генетичних досліджень, проте вона з успіхом може застосовуватись для біоіндикації екологічного стану територій.

Для оцінки відтворення популяції плодової мушки автори пропонують використати когортні таблиці виживання.

Когорта – це група особин, які народились і проіснували протягом якогось невеликого проміжку часу.

Когортною таблицею виживання називається таблиця, в якій простежується історія існування однієї-єдиної когорти особин від моменту появи її на світ до моменту загибелі останнього індивіда.

За когортною таблицею можна виявити стадії розвитку дрозофіли найбільш чутливі до комплексу специфічних факторів довкілля.

При оцінці частоти появи мутантних форм використовували літературні дані про найбільш поширені морфологічні дефекти плодової мушки в техногенних зонах.

Влітку за допомогою спеціальних пасток (банок об'ємом 250 мл) відловіть плодової мушки в реперних точках досліджуваної території. Для цього в банки попередньо залийте по 20 мл поживного середовища. Зверху банку прикрийте цупким папером, або марлею, в яких зробіть отвори для мух. Виставте пастки ближче до водойм, у затінених місцях.

Через 2 дні, коли мухи відкладуть яйця звільніть пастки від дорослих особин, а банки закрийте марлею без отворів і залишіть для спостережень. Пастки у такому вигляді тримайте до появи перших дорослих особин, а від цього моменту ще два дні (для того, щоб дати можливість всім живим лялечкам дійти до стадії імаго). Щодня реєструйте кількість особин на різних стадіях розвитку.

За коефіцієнтом смертності з'ясуйте на якій із стадій розвитку відбувається найбільша загибель особин плодової мушки у досліджуваних зонах урбоекосистеми.

Таблиця виживання когорти *Drosophila melanogaster* L.

	Кількість особин на початку кожної стадії	Частина когорти, яка дожила до початку кожної із стадій	Частина когорти, яка загинула на кожній із стадій	Коефіцієнт смертності
Вікова стадія (x)	a_x	l_x	d_x	q_x
Яйця (0)				
Личинка (1)				
Лялечка (2)				
Дорослі особини (імаго) (3)				

В першому стовпчику перераховано і пронумеровано всі стадії життєвого циклу плодової мушки.

У другий стовпчик (a_x) занесіть загальну кількість особин, які дожили до початку відповідної стадії.

Визначте у долях одиниці частину когорти, яка дожила до початку відповідної стадії (l_x) і занесіть у третій стовпчик, приймаючи, значення l_0 за 1,000. Всі наступні значення l_x отримайте в результаті перетворення: $a_x \cdot l / a_0$.

Коефіцієнт смертності (q_x) занесіть у 5-й стовпчик, визначивши його як відношення частини когорти, яка загинула на відповідній стадії (d_x) до частини когорти, яка дожила до початку відповідної стадії (l_x).

Визначте швидкість відтворення популяції в досліджуваних зонах міста за формулою:

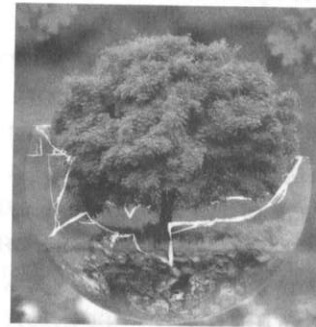
$$R_0 = \frac{\sum F}{a_0}$$

F – кількість дорослих особин, які розвилися із відкладених під час перших двох днів експерименту яєць; a_0 – кількість яєць відкладена протягом перших двох діб перебування пасток у визначених місцях.

Одержаних наприкінці експерименту дорослих мух перенесіть у пастках до лабораторії та заморіть, вкинувши ватку з ефіром у пастки на 30 с. роздивіться заморених мух під мікроскопом або бінокуляром. Виявіть патологічні мутації та підрахуйте частоту їх зустріваності. Дані занесіть до таблиці

Частота зустріваності патологічних мутацій у *Drosophila melanogaster* L., у долях одиниці

Патологічна мутація	Досліджувана територія	
	№1	№2
Відсутність пігментації очей		
Недорозвинені крила		
Наявність потворної кінцівки замість антен		
Збільшення розмірів тіла		
Половина тіла набуває ознак іншої статі		
Інші дефекти		



Дослідження стану листків деревних рослин у різних зонах міста

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

Проведіть збір показників за такими параметрами: 1) напрямом вулиці за сторонами світу і зробіть прив'язку її до рози вітрів;

2) визначення сторони вулиці (сонячна, затемнена); 3) ширина вулиці; 4) тип транспорту (одночасно можна підрахувати завантаженість автотранспортом; 5) наявність високих будинків з обох боків вулиці; 6) наявність продувів між будинками (останні два положення особливо важливі, так як при щільній забудові і сильному завантаженні вулиць автотранспортом потік газів і пилу буде вдаряться об стіни будинків і вертатися назад на зелені насадження, викликаючи цим їх підвищене пошкодження); 7) посилений продув на перетинах розширених вулиць; 8) наявність стоянок автобусів, автотранспорту, світлофорів на перетинах (особливо на вузьких вулицях, так як при припиненні руху автотранспорту, на холостих обертах проходить неповне згорання палива – сильний викид токсичних речовин); 9) близькість зелених насаджень до дороги (число рядів, номер ряду); 10) вид насаджень (вулична одно-, дво-, трьохрядна посадка, сквер, парк, двір); 11) найбільш стійкі і нестійкі види деревних порід.

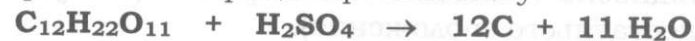
Оцініть стан зелених насаджень за наступними показниками (в дослідження повинні бути включені не менше 10-15 екземплярів однієї деревної породи).

1. Наявність хлорозів, візуальна оцінка відсотку хлорозної тканини (пожовтіння тканини листка внаслідок руйнування хлорофілу). Позначте розміщення пошкоджених листків на дереві (по відношенню до дороги, по відношенню до поверхні землі – низ крони, середня частина, верх крони).
2. Наявність і відсоток точкових або крайових змін пігментації листків (поява червоних,

жовтих, синьо-фіолетових, синіх точок і плям), які викликані попаданням на листки крапель сульфатної і нітратної кислот, солей тих чи інших важких металів. В умовах захисних зон такі зміни може викликати невеликий витік радіоактивних речовин (наприклад, в зоні впливу АЕС).

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

Точкові некрози виникають внаслідок попадання на листок крапель сульфатної або нітратної кислот (особливо першої), що можливо під час смогу, туману і випадання на досліджувані території кислотних дощів. Одне із пояснень появи крайових некрозів – це накопичення солей важких металів по краю листової пластинки, цим же пояснюється відмирання кінчиків хвоїнок. Міжжилковий некроз виникає в результаті попадання на листок через прорихи або дрібних крапель сульфатної кислоти, або оксидів сульфуру, які в цитоплазмі перетворюються в сірчану кислоту. Остання – сильно гігроскопічна речовина – дуже швидко забирає воду від вуглеводів, які утворюються в процесі фотосинтезу.



У результаті утворення вільного карбону частина листка (точка або ділянка) обуглюється,

вільна вода випаровується, вугілля вимивається опадами і в результаті утворюється суха чорнувато-коричнева тканина (внаслідок утворення із фенольних сполук опорної тканини, листка окислених форм – хінонів).

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

4. Рівень пошкодження фіто- і ентомошкідниками, який є інформативною ознакою стану деревних насаджень у міському середовищі (в порівнянні з чистою зоною), оскільки зазвичай шкідники вражають особин, у яких порушений імунітет. Навіть відносно стійка до загазованості тополя вражена рядом комах, серед яких найбільш розповсюджена мінуюча міль. Що стосується фітошкідників, то їх оцінка неоднозначна. Так, у модельних дослідах з вихлопними газами автотранспорту нами було помічено, що відсоток пошкодження модрина черню та іншими захворюваннями в умовах забруднення знижується в порівнянні з відносно чистим повітрям (в умовах достатнього зволоження).

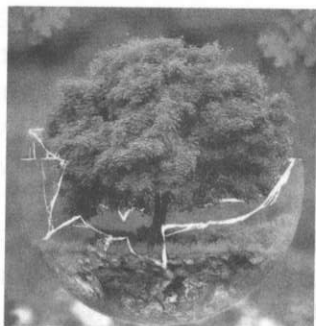
5. Водночас з'явилися повідомлення про пошкодження каштанів на вулицях міст

бурою плямистістю листків, яка приводить до передчасного їх опадання, послаблення і подальшої загибелі дерев.

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

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

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



Виявлення уражених і відмерлих тканин листка різними способами

Тканини листків деревних рослин, пошкоджені в результаті антропогенного забруднення повітряного середовища, вибувають із процесу

фотосинтезу і перестають виконувати свої основні функції: синтез органічних речовин, виділення кисню та фітонцидів. Послаблена і їх пілозатримуюча роль, оскільки основна маса пилу осідає на дещо вологій поверхні листка.

Функція фотосинтезу у великій мірі залежить від площі листової поверхні (листового індексу). Візуальні методи оцінки площі листків і відсотка пошкодженої листової тканини мають малу точність, хоча в цілому і відображають загальну картину пошкоджень.

Запропоновані методи оцінки дають більш точне визначення пошкодженої й мертвої тканини, так як жовтіюча тканина, визначена візуально як жива, може бути оцінена як мертва діагностичними методами.

Для об'єктивної характеристики пошкоджень вимагається наявність великої кількості листя (близько 50) з кожної точки, точний відбір проб, який характеризує всю сукупність, виділення частин дерева по ступеню зіткнення із забруднювачами (наприклад, крона дерева спрямована в бік дороги: перший ряд, другий, третій і т.д.)

Обчислення відсотка ураженої тканини листка

Зібрані листки розпряміть, покладіть на квадрат кальки, у якого довжина й ширина відповідають розмірам листка. Кальку зважте ($P_{\text{кв}}$), листок обкресліть по контурах на кальці виріжте його силует. Цю частину кальки також зважте (P_{Δ}). Визначте площину листка (S_{Δ}):

$$S_{\Delta} = \frac{P_{\Delta} \cdot S_{\text{кв}}}{P_{\text{кв}}}$$

Використання кальки зумовлено її прозорістю, що необхідно для подальшої роботи.

Контури листка на кальці сумістіть із листком і обкресліть всі пошкоджені зони, виріжте, зважте. Вирахуйте відсоток пошкодженої тканини:

$$S_{\text{пош}} = \frac{P_{\text{пош}} \cdot S_{\Delta}}{P_{\Delta}} \cdot 100$$

Діагностика живих і мертвих тканин

Метод кислотного просякнення. Листя витримайте 20-30 хв. у теплій воді (35-37°C) для пом'якшення тканин, потім помістіть на 20 хв у 0,2 н НСІ. Відмерлі та пошкоджені зони забарвляться у бурий колір у результаті вільного проникнення кислоти в уражені клітини та феофітінізації хлорофілу.

Метод забарвлення. Приготуйте зрізи різних частин листка, помістіть у краплю метиленового голубого в KH_2PO_4 . Через декілька хвилин розчин забарвить мертві й нежиттєздатні клітини у синій колір. Живі клітини забарвлюються значно повільніше. При забарвленні акридиновим оран-

жевим через 5-10 хв. живі клітини флуоресціюють зелено-жовтим світлом, а уражені й мертві – оранжево-червоним.

Плазмолітичний метод. Зрізи соковитих тканин помістіть на 1-2 год. в 10% розчин цукрози. У мертвих клітин плазмоліз не настає, що можна спостерігати за допомогою мікроскопа.

Оцініть відсоток пошкоджень у різних екологічних умовах.



Визначення стану довкілля за площею листіків дерев на вулицях міста

Усі метамерні органи рослин реагують на забруднення середовища або абіотичні фактори. Ростові процеси у рослин складаються

із численних підпроцесів і фактично є сумарними. Рослини здатні до великої мінливості (особливо розміри листя) і діапазон їх, норми-реакції дуже широкий.

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

вання довжини й ширини листка проводять підрахунок площі листка.

Зріжте 20-25 листків (краще всього на початку вересня) з кожної деревної породи, що ростуть у різних екологічних умовах, складіть у пакети, а потім засушіть між листками газетного паперу. Це дає можливість провести роботу у зимовий період.

Встановлення перевідного коефіцієнта ґрунтується на порівнянні маси квадрата паперу з масою листка, який має таку саму довжину й ширину. Для цього візьміть папір (краще в клітинку), обкресліть квадрат, що дорівнює довжині та ширині листка, а потім акуратно обмалюйте його контур. Обчисліть площу квадрата паперу, виріжте й зважте його, потім виріжте контур листка і також зважте.

З одержаних даних обчисліть перевідний коефіцієнт за формулами:

$$S_n = \frac{P_n \cdot S_{кв}}{P_{кв}} \quad K = \frac{S_n}{S_{кв}}$$

K – перевідний коефіцієнт;

S – площа листка (л) або квадрата паперу (кв);

P – маса квадрата паперу (кв) або листа (л).

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

Потім виміряйте довжину (A) та ширину (Y) кожного листка і помножте на перевідний коефіцієнт (K):

$$S = A \cdot B \cdot K$$

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

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

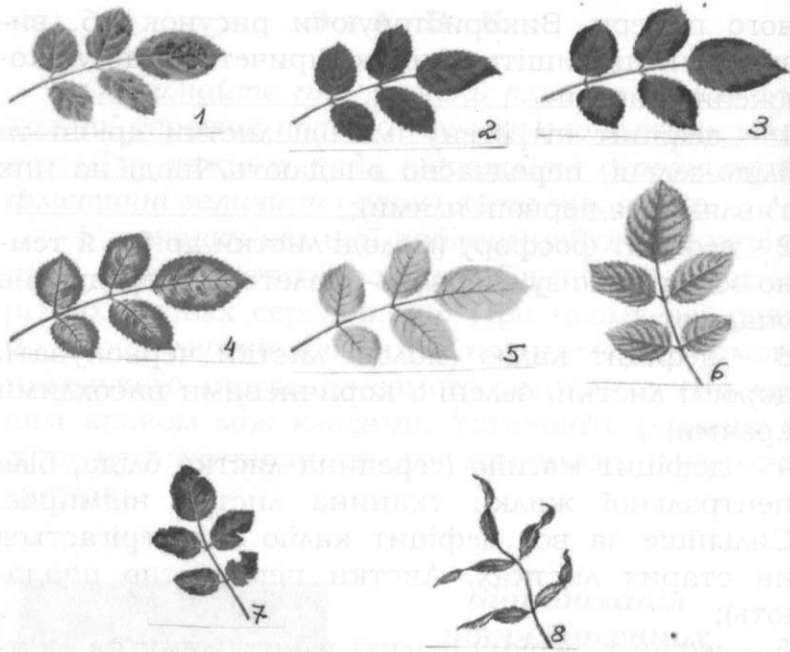


**Біоіндикація
рівня біогенних
елементів та гербіцидів
у ґрунтах флоріценозів
за станом листків
троянд**

Усі відомі сорти троянд належать до сорту *Rosa* L. Рід *Rosa* налічує 200 видів. Селекціонери різних країн отримали близько 25 000 сортів троянд. На клумбах перед фасадною частиною житлових будинків можна нерідко побачити чайно-гібридні сорти троянд за станом листків, яких можна зробити висновки про вміст біогенних елементів і гербіцидів у ґрунтах. Зріжте садовими ножицями кілька ушкоджених листків і пришійте їх до листка альбом-

ного паперу. Використовуючи рисунок 46, визначте й підпишіть чинник, причетний до ушкодження листків.

- 1 – дефіцит нітрогену (молоді листки дрібні та блідо-зелені, передчасно опадають. Іноді на них з'являються червоні плями);
- 2 – дефіцит фосфору (молоді листки дрібні й темно-зелені, знизу червоно-фіолетові, передчасно опадають);
- 3 – дефіцит калію (молоді листки червонуваті, дорослі листки, зелені з коричневими висохлими краями);
- 4 – дефіцит магнію (середина листка бліда, біля центральної жилки тканина листка відмирає. Сильніше за все дефіцит калію спостерігається на старих листках. Листки передчасно опадають);
- 5 – дефіцит феруму (великі жовті плями на листках. Особливо сильно страждають молоді листки, які жовтіють майже суцільно);
- 6 – дефіцит мангану (жовті смуги між жилками на листках. Сильніше проявляється на старих листках);
- 7 – підмерзання (уражені листки зморщуються та рвуться, на них з'являються коричневі або жовті плями);
- 8 – ураження гербіцидом (черешки листків спіралеподібно закручені, листки вузькі та перекручені)



Діагностика рівня біогенних елементів і гербіцидів у ґрунтах за станом листків троянд



Визначення вмісту хлорофілу в листках рослин для біоіндикації довкілля

Відомості відносно використання вмісту хлорофілу та інших пігментів як біоіндикаційних ознак, у літературі суперечливі. Ряд учених вважає цю ознаку недостатньо інформативною та специфічною (Биоиндикация загрязнений... 1988), хоча першою стадією видимих хлорозів листків якраз і є руйнування хлорофілу під впливом несприятливих факторів. Однак інші вчені показали, що у чутливих до забруднення видів (липи і клену) спостерігається пониження вмісту хлорофілу ще до появи видимих змін і це може слугувати досить надійною неспецифічною біоіндикаційною ознакою.

Неспецифічність цього індикатора в тому, що нестача в ґрунті нітрогену, а також феруму та інших елементів, впливає на колір листя в результаті руйнування хлорофілу в них і, цей прояв дуже часто використовується для оцінки низької родючості ґрунту. Це треба враховувати і використовувати цей показник при біоіндикації в поєднанні з іншими ознаками.

Для оцінки ступеня забруднення наземних екосистем або їх складових листя потрібно брати з середньої частини крони в першій половині вегетації, з огляду на умови проростання (освітленість, мінеральне харчування, оводненість та ін.). В якості біоіндикаторів у міській сфері рекомендують використовувати наступні газочутливі ви-

ди: липу дрібнолисту, клен платанолистий, каштан кінський, ялину звичайну, сосну звичайну. Метод заснований на добуванні хлорофілу з листя розчинниками (спирт, пропанон-2) і визначення його кількості на фотоелектроколориметрі або спектрофотометрі.

Для роботи можна використовувати і кімнатні рослини, вирощувані спеціально в посудинах на гумусному ґрунті з поливом водою та на малородючому ґрунті з поливом розчином солі якогонебудь важкого металу.

У випадку відсутності колби Бунзена, скляних фільтрів і насоса їх можна замінити центрифугуванням витяжки хлорофілу.

Визначення хлорофілу в листках можна проводити як на свіжому, так і на фіксованому матеріалі. Фіксацію здійснюють текучою парою (5 хв.) чи сухим жаром (при 105°C 5-10 хв).

Т.Н. Годнев (1963) запропонував наступний спосіб фіксації для збереження хлорофілу: листи нарежте дрібними кусочками, заверніть в марлю та занурте у киплячий насичений розчин повареної солі на 1-2 хвилини (не більше). Потім матеріал промийте проточною водою протягом 30 с, струсіть для вилучення вологи. Висушіть в тіні не менш 2-х діб чи в термостаті при температурі 40°C. Н.А. Шлик (1971) вважав, що найкращі результати дає взаємодія фіксації матеріалу гарячим паром (2хв) з проведенням швидкої екстракції на холоді.

При роботі з сухим матеріалом візьміть наважку 0,5-1 г, зі свіжим – 1-2 г. Попередньо ви-

значте вологість листя. Наважку рослинного матеріалу ретельно подрібніть у фарфоровій ступці з битим склом, додаючи крейду чи вуглекислий магній. Отримання хлорофілу із сухого матеріалу можна проводити 90%-им спиртом або 80-85%-м пропанон-2ом. А з свіжого - 96-98%-м спиртом або абсолютним пропанон-2ом.

До розтертого рослинного матеріалу додайте трохи розчинника і матеріал продовжуйте розтирати разом з розчинником.

В колбі Бунзена в отвір корка прикріпіть скляний фільтр №2 чи №3 (діаметр фільтра повинен відповідати кількості досліджуваного матеріалу). Колбу з'єднайте з насосом і проведіть відсмоктування рідини. Рідину із ступки злийте по скляній паличці у лійку-фільтр, попередньо змастивши вазеліном зовні носик ступки. В ступку перелийте 4-5 мл розчинника і знову розітріть протягом хвилини, потім знову злийте у лійку. Цю маніпуляцію повторіть 2-3 рази, потім перенесіть на фільтр всю розтерту масу, ущільніть її паличкою та відсмокчіть. Ступку обполосніть декілька разів розчинником, виливаючи його на ущільнений матеріал у лійку, де йому дайте постояти 2-3 хвилини, після чого відсмокчіть. Обполіскування проводьте до тих пір, доки стікаючий розчин не стане безбарвним. Потім екстракт перенесіть у мірну колбу на 50 мл, сполосніть декілька раз Бунзенівську колбу і вилийте у мірну. Витяжку доведіть до rischi розчинником.

Колориметрування розчину проведіть на фотоелектроколориметрі з червоним світлофільтром. Якщо речовина забарвлена в інтенсивно зелений колір, її необхідно розбавити, так як при великих

концентраціях величини на ФЕКу можуть виходити за межі роздільної здатності приладу.

Для перерахунку хлорофілу на стандартні величини використовуйте розчин Гетрі, який має такий склад: 1%-й розчин $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (візьміть лише сині кристали), 2%-й розчин $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 7%-й розчин амоніаку (на 7 мл 18%-го амоніаку потрібно взяти 11 мл води).

Для виготовлення стандарту в мірну колбу ємністю 100 мл точно відміряйте розчини $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - 28,5 мл, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ - 50 мл, NH_4OH - 10 мл, доведіть дистильованою водою до мітки і перемішайте. Розчин Гетрі за забарвленням колориметрично еквівалентний розчину 85 г кристалічного хлорофілу в літрі. Методом розбавлення стандартного розчину побудуйте калібрувальну криву, де по осі абсцис відкладіть вміст хлорофілу (мг/л), а по осі ординат - оптичну густину. Калібрувальну криву побудуйте від концентрації 0,085 мг/л (1 мл вихідного розчину та 99 мл води) до 7,65 мг/л (90 мл вихідного розчину та 10 мл води).

Вимірювання на ФЕКу проведіть декілька раз, потім вирахуйте середнє. За отриманими даними визначте концентрацію хлорофілу в дослідних зразках по калібрувальній кривій. Потім вирахуйте кількість хлорофілу в мг/г листка (за сирого чи сухою масою), одержані результати занесіть у таблиці 52. У насадженнях сосни вона коливається від 0,08 до 0,14 мг/г. Можна також виразити кількість хлорофілу в відсотках (0,3-1,3% абсолютної сухої маси листа).



Визначення забруднення докільля пилом за його накопиченням на листових пластинках рослин

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

Листки одного виду тополі, найбільш поширеного в місті (чорної, бальзамічної), відберіть на попередньо відмічених по карті місцях з висоти 1,5-2 м (висота шару повітря, яке вдихає людина) в 10-15-кратній повторності. Для цього використовуйте садовий секатор на збірній штанзі. Одночасно відберіть листки тополі, які проростають в чистій зоні (контроль). Листки

помістіть в пакети із кальки і обережно доставте в лабораторію, уникаючи стряхування пилу.

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

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

Коефіцієнт коливається для різних видів тополь від 0,60 до 0,66. Кінцевий результат виглядає так:

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

M – маса пилу на 1 см² листка.

2. Фільтрувальний папір добре змочіть водою до стікання. Помістіть на нього листок верхньою поверхнею, а потім поряд – нижньою і прикрийте листком кальки або плівки. На фільтрі отримаєте відбиток, який оцініть візуально за ступенем забруднення (суцільне – 100%, наполовину – 50%).

Для цього можна використовувати клейку плівку “скотч”, яку накладіть на листок рослини, зніміть і приклейте до білого листка паперу.

3. Зважте упарювальну чашку, налейте в неї дистильовану воду. Пил змийте з 30-50 листків добре змоченим пензликом в упарювальну

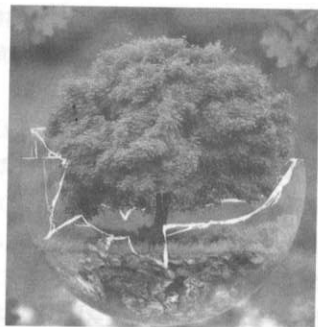
чашку. Після чого сполосніть пензлик у цій воді. Воду випаруйте, чашку з пилом висушіть у сушильній шафі при температурі +105°C до постійної ваги, а потім зважте. Вирахуйте різницю у вазі чашок у кінці та на початку досліду. Кількість пилу розрахуйте в мг на см² листка.

Визначення токсичності пилу

Сухий пил розітріть скляною паличкою в чашці із розрахунку 1 г пилу на 25 см³ води, профільтруйте, оцініть токсичність за реакцією з простішими.

Побудова карти забруднення пилом певної території

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



**Вивчення впливу парів
сульфатної та
нітратної кислот на
листки молодих рослин
під скляним ковпаком**

*Увага! Ця робота повинна
проводитись лише у ви-
тяжній шафі!*

Заздалегідь виростіть у горщечках зразки рослин (молоді пагінці з 2–4 листочками). Розмістіть дослідні зразки рослин (вибраних представників з трьох указаних нижче груп) у такій кількості, щоб групи горщечків можна було накрити скляним перевернутим догори дном акваріумом або іншою скляною посудиною. У чашку Петрі без кришки налейте 10–20 мл концентрованої сульфатної кислоти й поставте під акваріумом поряд із горщиками. Накрийте горщики й чашку Петрі акваріумом чи ковпаком. Поведінку рослин спостерігайте протягом 7–10 днів, регулярно відмічайте в журналі спостережень зміни, які з ними відбуваються (пожовтіння і всихання листя тощо). Визначте у кожній експериментальній групі рослин найбільш і найменш стійкі до дії парів H_2SO_4 .

Групи рослин за стійкістю до впливу H_2SO_4 :

1. клен (*Acer L.*), хризантема, жито (*Secale L.*), картопля (*Solanum tuberosum L.*), бузок (*Syringa L.*), цибуля (*Allium L.*), троянда (*Rosa L.*);
2. люцерна (*Medicago L.*), ячмінь (*Hordeum L.*), квасоля (*Phaseolus L.*), морква (*Daucus L.*), ци-

- корій (*Cichorium L.*), конюшина (*Trifolium L.*), салат посівний (*Lactuca sativa L.*), лишайник (принести з лісу з шматком деревини), овес (*Avena L.*), гарбуз (*Cucurbita L.*), редька (*Raphanus L.*), ревінь (*Rheum L.*), сальвінія (*Salvia seguiev L.*), буряк столовий, тютюн (*Nicotiana L.*), турнепс, пшениця (*Triticum L.*);
3. яблуня (*Malus L.*), абрикос (*Armeniaca Scop.*), айстра (*Aster L.*), бегонія, капуста (*Brassica L.*), вишня (*Cerasus Mill.*), гладіолус (*Gladiolus L.*), виноград (*Vitis L.*), груша (*Pyrus L.*), слива (*Prunus L.*), цукровий буряк, помідор (*Lycopersicon Mill.*), диня (*Melo Mill.*).

Установіть, яка з цих груп найбільш і яка найменш стійка до впливу парів H_2SO_4 .

Повторіть весь процес з іншими рослинами і з азотною кислотою.

Групи рослин за їхньою стійкістю до впливу парів HNO_3 :

1. ячмінь (*Hordeum L.*), квасоля (*Phaseolus L.*), синій баклажан, салат посівний (*Lactuca sativa L.*), цибуля (*Allium L.*), петрушка (*Petroselinum Hill.*), редька (*Raphanus L.*), ревінь (*Rheum L.*), помідор (*Lycopersicon Mill.*), турнепс, сосна (*Pinus L.*);
2. капуста (*Brassica L.*), диня (*Melo Mill.*), огірок (*Cucumis L.*), гладіолус (*Gladiolus L.*), кабачок;
3. люцерна (*Medicago L.*), селера (*Apium L.*), овес (*Avena L.*), петунія (*Petunia Luss.*), шпинат (*Spinacia L.*), цукровий і столовий буряки, тютюн.

Визначте, яка з цих груп складається з найбільш стійких до дії парів HNO_3 рослин і яка – з найменш стійких.

Вивчення впливу вихлопних газів автомобілів на листки молодих рослин під скляним ковпаком

Матеріали, рослини й процес такі самі, як описано вище, але замість парів кислот на рослини діють вихлопними газами автомобіля. Їх потрібно зібрати за допомогою установки Едукіп або просто пластикового пакету, що надягається на вихлопну трубу автомобіля, двигун працює вхолосту. Пакет зав'яжіть й перенесіть до лабораторії. Його вміст помістіть під скляний ковпак з піддослідними рослинами. Визначте стійкість різних рослин до дії вихлопних газів і рівень чутливості різних груп рослин.

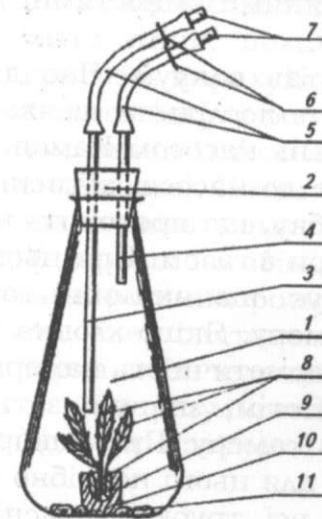


Визначення стійкості різних деревних порід до шкідливих газів у лабораторному експерименті з ізольованими листками

Вихлопні гази автотранспорту складають на теперішній час 60 – 80 % від суми викидів токсичних речовин у міських екосистемах. Усі їх компоненти (а їх більше 200) діють синергічно, а інколи проявляють і емерджентні

властивості. Від вихлопних газів страждають як автотрофи (зелені рослини), так і гетеротрофи (людина та тварини). В той же час деякі рослини очищають атмосферу від шкідливих домішок.

До складу вихлопних газів входять такі токсичні речовини як чадний газ, оксиди нітрогену, сірчаний газ, сполуки свинцю та різноманітні канцерогенні алкани.



Змонтована камера для вивчення газостійкості деревних рослин: 1 – камера; 2 – пробка; 3,4 – скляні трубки; 5 – гумові шланги; 6 – затискачі; 7 – заглушки; 8 – досліджувані рослини; 9 – ватний тампон; 10 – фольга; 11 – камені

Завчасно необхідно принести невеликі гілки деревних рослин з листками. Кінці гілок повинні бути завернуті в мокру вату і в поліетилен.

8 г листків деревних рослин зважте на технічних вагах, складіть черешками разом, останні обгорніть мокрою ватою, а потім фольгою – для збереження у рослин нормального водобміну та фотосинтезу. Фольгу сформуєте так, щоб утворилась плоска поверхня, що прилягає до дна колби, а листки щоб стояли вертикально.

Колби і гумові корки із скляними корками стерилізуйте 5 хв. над киплячою водяною банею горлом в низ, потім переверніть горлом догори і

висушіть над закритою нагрітою водяною банею (щоб скло колби не було запотілим). На дно колби довгим пінцетом вертикально опустіть пучки листків різних деревних рослин фольгою вниз, закрийте корком, всі можливі щілини (колба – пробка або пробка – трубка) заклейте пластиліном, на всі трубки закріпіть затискачами і заглушками. Камеру обгорніть поліетиленом щоб запобігти її розколу при роботі із скляними ємностями, не передбаченими для вакууму.

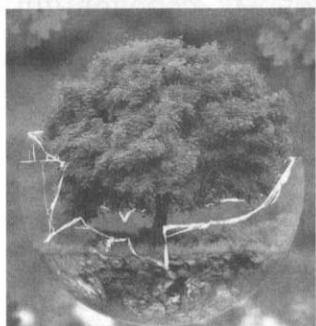
Насосом в колбі створіть вакуум. Час для отримання вакууму визначте дослідним шляхом. Приблизно це 30 прокачувань насосом Камовського. Потім трубку, яка йде до насоса, затисніть затискачем і відкрийте трубку, що проходить від автомобільної гумової камери з газом. При цьому добре чутий хлопок показує, що вихлопні гази увійшли в безповітряну камеру. Якщо хлопка не було, то треба перевірити герметичність камери і створити вакуум заново. Потім, знявши затискач, прокачайте гази через камеру. При використанні насоса Камовського для цього потрібно 40 прокачувань. Після цього всі трубки затисніть затискачами і для гарантії зберігання в колбі газів трубку на кінці ще закрийте скляними запаяними заглушками. При надійності всіх етапів дослідження накачка однієї колби – камери зі створенням вакууму становить 10 хв.

Таким чином в камеру можна накачати різні гази, в тому числі із загазованих робочих приміщень цехів або з вулиці. Однак в останньому випадку дослід з рослинами значно продовжується в часі через меншу концентрацію газів.

Колби з рослинами в газовому середовищі встановіть на природному або штучному сильному світлі, оскільки поглинання шкідливих газів рослинами в природі відбувається в процесі фотосинтезу.

Спостереження за рослинами проводьте по чергово через 1–2–3–5 днів і більше під контролем лаборанта. Результати запишіть на папері, що лежить біля кожної камери. Відзначте всі помітні зміни: пожовтіння листків, почервоніння, некрози, вирахуйте відсоток цих змін. Відзначте, з якого боку у рослин відбуваються найбільш сильні зміни (з того що обернена до світла чи з протилежного). Потім складіть ряд стійких рослин до токсичного компоненту. Наприклад, у дослідах Федорової по збільшенню стійкості до вихлопних газів рослини розміщувались так: липа дрібнолиста, клен платанолісний, береза повисла, тополя чорна, ясен зелений, в'яз перестогілчастий.

За результатами дослідів зробіть висновки щодо газостійкості різних видів рослин.



Визначення токсичності оксиду сульфуру (VI), ґрунту, води, пестицидів для різних видів рослин методом висічок листків (за руйнуванням хлорофілу)

Вміст хлорофілу в листку – дуже мінлива величина і з його руйнуванням пов'язана хлоротичність (зникнення темно-зеленого кольору і появи жовтизни). На круглій висічці листка (в більшості випадків по краях) по мірі тривалості досліду зростають хлоротичні і некротичні ділянки. Таку появу можна простежити візуально і доволі швидко визначити токсичність того чи іншого компонента або їх суми в тих чи інших поєднаннях, які зустрічаються в природі. Інкубація висічок проводиться на 2%-й цукрозі (поживне середовище для більшості біотестових досліджень) з додаванням токсикантів. Контроль – 2%-на цукроза.

Для різних видів рослин і типів листків потрібен різний час інкубації, який необхідно визначити експериментальним шляхом, хлорофіл у висічках може бути визначений візуально в порівнянні з контролем, який приймається за 100 відсотків, а також фотокolorиметрично.

Дослідження впливу оксиду сульфуру (VI)

На дно ексикатора насипте Na_2SO_3 в об'ємі взятого тигелька, біля нього встановіть тигельок з концентрованою H_2SO_4 . На решітчастий круг ексикатора покладіть однакові шматки

фільтрувального паперу, змоченого відстояною водою до повної вологоємності, на папір покладіть диски (діаметром 2 см) міжжилкової тканини листків нижньою стороною догори, щоб вільно проходив процес надходження газу через продихи, які розміщені більшою частиною з нижньої сторони листка. Диски висікають пробковим свердлом або гільзою (10 дисків на кожний варіант). Кришку ексикатора щільно закрийте, краї кришки попередньо змастіть вазеліном.

Проведіть різкий рух ексикатором, так щоб всередині тигельок з кислотою перекинувся на сульфат натрію, зазначте час появи реакції.

Реакція проходить за таким рівнянням:



Через деякий час спостерігається зміна кольору висічок листків різних рослин. Ця реакція може бути дуже швидкою (у чутливих видів рослин) або більш повільною. Виражається вона в появі хлоротичної облямівки по краю висічок, відшаровуванні краю від фільтрувального паперу, а потім у появі некротичної бурої тканини, яка поступово поширюється на всю висічку.

Врахуйте час початку хлорозів і некрозів, число уражених дисків (із 10), відсоток ураження, порівняйте з контролем (взятим за 100 відсотків). Контроль поставте у великій кількості повторностей (не менше 30 дисків у ексикатор з чистим повітрям). Визначити пошкодження хлорофілу в дисках листків можна і фотометрично.

Побудуйте криві пошкодження листків сірчистим газом в порівнянні з контролем; на осі

абсцис відкладіть час експозиції (год), а на осі ординат – відсоток пошкодженої тканини у висічках листка.

Кількість газу потрібної концентрації вище ГДК, кількість реактивів, які потрібно взяти для визначення можна розраховувати. Для цього попередньо виміряйте об'єм ексикатора наливши в нього води мірним циліндром. Потім розрахуйте, скільки газу необхідно для отримання в ексикаторі потрібної концентрації, наприклад 0,1% (тобто по 1 мл газу на кожний літр об'єму ексикатора). Далі, виходячи із того, що одна грам-молекула газу займає за нормальних умов об'єм 22,4 л, розрахуйте масу потрібного об'єму газу. Потім, виходячи із вищенаведеного рівняння і молекулярної ваги сполуки, розрахуйте наважку сульфиту натрію, який дасть потрібну кількість газу. Сірчану кислоту для отримання газу візьміть у кількості 2-3 мл. Бажано використовувати більш високі концентрації газів (у декілька разів вищі від ГДК) і нетривалі експозиції.

Дослідження витяжки із ґрунту

Взяті зразки ґрунту (наприклад, однакові типи ґрунтів під вуличними посадками в різних частинах міста, які розрізняють по завантаженню вулиць автотранспортом) розітріть у ступці і просійте через дрібне сито. Зважте на кальці 10 г ґрунту в трьохкратній повторності, пересипте в колбочку або склянку, додайте 25 мл дистильованої води. Добре збовтайте 10-15 хвилин на качалці або вручну, залишіть на ніч.

Потім рідину відфільтруйте через лійку зі складчастим фільтром. Рідину з колбою простерилізуйте в киплячій водянній бані методом занурення і кип'ятіння 10-15 хвилин, шийку колби закрийте фольгою. Охолодіть, потім цією витяжкою змочіть 2 фільтри до повної вологості. Фільтри простерилізуйте разом з чашками Петрі. На фільтри розкладіть диски листків наземних рослин нижньою стороною вниз. Повторність трьохкратна (по 10 дисків).

Чашки Петрі закрийте кришками і поставте в термостат в темноту при температурі +25-26°C. Спостереження проводьте через 1 добу вранці і ввечері кожного дня.

Контролем служать диски, поміщені на чисту простерилізовану воду. Результати виразіть у відсотках від контролю, взятого за 100, або абсолютно (по площі пошкодженої тканини). Графік побудуйте так, як і в досліді з газом.

Дослідження токсичності забрудненої води

Взяту для дослідження воду упарте на водянній бані в 10 разів, нею змочіть 2 фільтри до повної вологості, на які покладіть диски, які висічені із листків рослин. Чашки Петрі з дисками покладіть у термостат, інкубацію й оцінку проведіть так, як і в попередньому досліді. Кількість хлорофілу у висічках можна також визначити фотометрично.

Дослідження пестицидів та інших токсичних речовин

У якості токсичної речовини візьміть який-небудь пестицид і покажіть, що різні його

концентрації можуть проявляти як інгібуючий, так і стимулюючий ефект. Найбільш зручний у цьому відношенні 2,4 Д, який в малих концентраціях діє як ауксин, а у великих як гербіцид.

Відомо, що всі пестициди діють на біоту в мільйонних долях відсотка, тому як вихідний розчин 2,4 Д візьміть 10^{-3} – $10^{-4}\%$ (0,001%–0,0001%) у 2%-й цукрозі. Розчин приготуйте в невеликому об'ємі (50 мл на групу) розведіть потім до потрібних концентрацій. При розведенні деяких пестицидів можуть бути певні труднощі. У зв'язку з цим їх краще розводити спочатку в невеликому об'ємі цукрози (наприклад, в малій уварювальній чашці, з розтиранням скляною паличкою, а потім розбавити потрібним об'ємом розчинника в мірній колбі). Деякі пестициди старого виробництва (особливо довго лежачі) потребують для свого первинного розчинення декілька крапель абсолютного або 80%-ного етанолу, а потім, після розтирання в ньому, вводять основний розчинник. Вихідний розчин пестициду (2,4 Д) розлийте в пеніцилінові пляшечки по 5 мл. Наступні розчини приготуйте розведенням вихідного розчину.

Наприклад, 1 мл $10^{-3}\%$ розчину та 9 мл розчинника – отримуємо $10^{-4}\%$ розчину. Кожен збовтайте, наступний розчин приготуйте із попереднього, чим отримаєте різні концентрації: $10^{-5}\%$, $10^{-7}\%$, $10^{-10}\%$.

Розчинами змочіть 2 фільтри, покладіть у чашки Петрі, на фільтри розкладіть диски листків наземних рослин, чашки помістіть у термостат. Спостереження і підрахунок

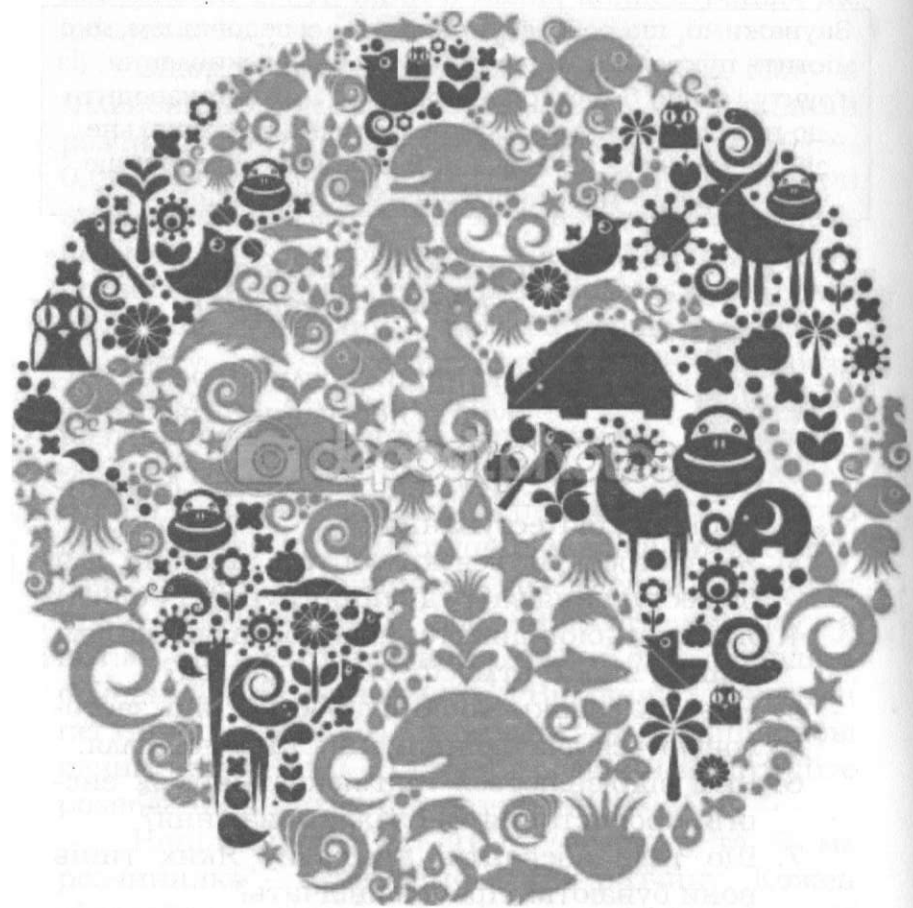
варіантів, побудову графіків проведіть згідно з попередніми описами.

Зауважимо, що робота з поживним середовищем, яке містить цукрозу і елементи мінерального живлення (із ґрунту і води) без стерильних умов, може призводити до перекичування результатів через бактеріальне забруднення. У зв'язку з цим поживне середовище краще простерилізувати в автоклаві.



Контрольні запитання і завдання до розділу

1. Які види рослини репрезентують негативні агрохімічні зміни ґрунтів?
2. Чим відрізняється біоіндикація від біотестування?
3. Як застосовуються колеоптелі пшениці для біотестування забруднення ґрунтів і води?
4. Які види-біоіндикатори застосовуються для оцінки якості атмосферного повітря?
5. Назвіть ознаки хвойних рослин, які застосовуються для біоіндикації стану довкілля.
6. Чим відрізняються такі показники, як енергія проростання та схожість насіння?
7. Що таке аберантні анафази? Яких типів вони бувають? Про що свідчать?
8. Як застосовується цибуля посівна для біотестування різних сфер довкілля?
9. Як застосовується пилок рослин для оцінки якості середовища?
10. Який вид рослин використовують для оцінки мутагенності ґрунту?



ПИТАННЯ МЕТОДОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ

Методологія – це сукупність методів, підходів і принципів дослідження, які застосовуються в науці відповідно до специфіки об'єкта її пізнання. Вивчення будь-якого типу екологічних систем також невід'ємно пов'язане з урахуванням їх специфіки. Тому, перш за все, потрібно з'ясувати:

що таке урбоекосистема ?

У літературі можна знайти чимало визначень об'єкта, якому присвячений даний посібник, у тому числі:

Урбасистема – нестійка природно-антропогенна система, складена з архітектурно-будівельних об'єктів і різко порушених природних систем, які сформувалися на урбанізованих територіях (Дедю, 1989);

Урбоекосистема – це сукупність живих компонентів міст, середовища їх існування та процесів, що відбуваються внаслідок їх взаємодії та взаємодії з іншими компонентами міської геосоціосистеми (Голубець, 2000);

Урбасистема – нестійка природно-антропогенна система, яка складається на урбанізованих територіях з архітектурно-будівельних об'єктів з різко змінених природних екосистем (Мусієнко, 2002).

Крім того, в деяких визначеннях наголошується, що урбоекосистема – це екосистема міста. За визначенням Юджина Одума, „місто – це неповна або гетеротрофна система, яка одержує енер-

гію, їжу, волокнисті матеріали, воду та інші речовини з великих площ, які знаходяться поза його межами". Той же автор розглядає сучасне місто як паразит свого сільського оточення. На відміну від міста, село використовує в основному органічні джерела енергії (рослинні та тваринні), а також місцеві джерела води і характеризується значно меншою концентрацією неорганічних відходів і, здебільшого, відсутністю забруднення повітря. Місто порівняно з селом характеризується більш інтенсивним „метаболізмом” на одиницю площі і відповідно більшим споживанням енергії та речовини та більш потужним потоком відходів. У місці переважна більшість населення зайнята у промисловості, а у селі – в сільському господарстві. В цілому можна зробити висновок про те, що у сільській місцевості природне середовище переважає над урбанізованим, тоді як у місті навпаки. Саме з цих позицій належить будувати систему специфічних методів для дослідження урбоекосистем.

Яка головна мета дослідження урбоекосистем?

Незважаючи на різноманітність підходів до визначення поняття **урбоекосистема**, можна відзначити що в більшості з них підкреслюється природно-антропогенна суть цієї системи, тобто визначальний вплив на її стійкість антропогенного фактора. Тому головною метою дослідження урбоекосистеми є з'ясування рівня антропогенної трансформації її структурних компонентів: кліматопу, едафотопу, водних об'єктів та біоти.

Чи існують специфічні методи дослідження урбоекосистем порівняно з іншими екосистемами?

При дослідженні урбоекосистем, крім методів, які використовуються для всіх екосистем, використовуються **методи**, які торкаються суто даного типу екосистем. Саме їм відводяться наступні розділи даного навчального посібника.

Методологія дослідження охоплює не лише методи, але й **принципи** та **підходи** до вивчення об'єкту пізнання. Останні сформульовані нами у відповідях на низку наступних запитань, які неодмінно виникають при дослідженні урбоекосистем.

У яких напрямках проводиться дослідження урбоекосистем ?

Дослідження урбоекосистем здебільшого проводиться в двох напрямках: або визначають стан певних структурних зон урбоекосистем без прив'язки до конкретних антропогенних об'єктів, або вивчають вплив певних антропогенних об'єктів на відповідну урбоекосистему. І в першому, і в другому випадку постає питання про зонування території урбоекосистеми при відборі матеріалу для досліджень.

На які частини (зони) можна поділити урбоекосистему

для її ефективного вивчення без прив'язки до конкретних антропогенних об'єктів?

У випадку, коли вивчається **загальний екологічний стан міста**, дослідник може використати один із типів зонування урбоекосистем, які на сьогодні вже запропоновані різними авторами. Існуючі підходи до зонування ґрунтуються

на різних критеріях. Одні автори надають перевагу ступеню гомогенності різних частин урбокосистеми, інші – функціональній ролі окремих частин, треті – їх еколого-фітоценотичним відмінностям, четверті – характеру та давності забудов різних частин міста тощо. Нижче наводяться класифікації зон урбокосистем, виявлених нами у працях вітчизняних авторів.

Ландшафтно-функціональне зонування урбокосистем (Кучерявий, 1991):

Селітебні (в межах житлової забудови).

Індустріальні (представлені різними підприємствами).

Комунікаційні (автодороги, залізниці, лінії електропередач, трубопроводи).

Девастовані (кар'єри, відвали, терикони, звалища).

Агрокультурні (польові, лучні, садові).

Лісогосподарські (закритого та відкритого простору).

Рекреаційні (лісопаркові, лучно-паркові, гідропаркові).

Зонування урбокосистем за рівнем антропогенної трансформації біогеоценозів (Сметана, 2003):

Природні біогеоценози:

Степові або лісові біогеоценози

Антропоценози:

Деградовані степові (лісові) біогеоценози

Штучні лісові біогеоценози

Агробіогеоценози

Техноценози:

Біогеоценози кар'єрів

Біогеоценози відвалів

Біогеоценози шламосховищ

Біогеоценози промділянок.

Зонування урбокосистем за рівнем гомогенності (окультуреності) біогеоценозів (Кучерявий, 2001):

Агемеробні – природні комплекси, не охоплені господарською діяльністю (первісні ліси, болота, луки, степи). В умовах урбанізованих територій практично не зустрічаються. До цього типу біогеоценозів можна віднести біогеоценози заповідників, в яких не ведеться господарська діяльність.

Олігогемеробні (моноокультурені) – це ліси, луки, болота, охоплені господарською діяльністю, яка суттєво не змінює структурно-функціональної організації екосистеми. До таких біогеоценозів належать корінні та похідні рослинні угруповання, розвиток яких лише певною мірою спрямовує людина (сприяння природному відновленню без підсіву і підсадки, санітарні рубки, рубки догляду, які не змінюють співвідношення особин у деревостані та підлісковому ярусі).

Мезогемеробні (середньоокультурені) – екосистеми з інтенсивним веденням господарства (лісопарки, парки, луки із сінокосом тощо).

Еугемеробні – це культурні угруповання, керовані людиною. Така структурно-функціональна організація характерна для екосистем типу лісової плантації, саду або пшеничного поля, газону чи квітника, винограднику.

Полігемеробні – посідають особливе місце у біогеоценотичному шарі комплексної зеленої зони міста. Це рослинні угруповання девастрованих ландшафтів: кар'єрів, відвалів, гравійних та інших насипів залізниць, промислових і складських майданчиків, свіжих звалищ. Як правило, їх утворюють рудеральні рослини. Це екосистеми, які з'явилися так само, як перші екосистеми Землі, – гетеротрофним шляхом, тобто залежним від органічної речовини.

Метагемеробні – типово гетеротрофні біогеоценози – можуть розвиватися залежно від наявності мертвої органічної речовини, якої на даний момент немає, але є нижчі організми, готові її створювати, наприклад, з асфальту або ж із полімерів, які сьогодні є повсюди.

Теорія **гемеробії** екосистем дає змогу в просторово-часовому ракурсі розпізнати комплексний градієнт середовища (в умовах міста – комплексний урбогенний градієнт середовища (КУГС) і розмістити угруповання відповідно до їхніх історико-генетичних ніш.

Зонування урбоекосистем за характером забудов (Кучерявий., 2001):

Зона забудови і промислових виробництв, де відбувається постійне порушення ґрунтового покриву.

Зона старого міста з сильно витоптуваними місцезростаннями у дворах, на дорогах і газонах.

Зона малоповерхової забудови зі значною кількістю рудеральних місцезростань: вигонів, узбіч доріг, пустирів, закинутих садів.

Промислова зона з елементами малоповерхової забудови, яка охоплює різноманітні типи рудеральних місцезростань.

Зонування урбоекосистем за характером забудов і типом насаджень (Станкевич, 2001):

Центр – біотоп, який характеризується старовинними забудовами, значною щільністю населення, бідною рослинністю, невеликою кількістю газонів і придорожніх насаджень, невеликими за площею скверами. Особливо висока щільність населення спостерігається у робочий час (адміністративний район).

Стара забудова – частина міста, зведена у більш пізній час порівняно з центром міста, добре озеленена. Деревні та кущові насадження формують тут сквери, алеї, придорожні посадки вздовж широких газонів, густі рослинні насадження, наявні також у дворах.

Новобудова – порівняно нова частина міста, забудована сучасними висотними, багатоповерховим панельними або цегляними будовами з дахами без димарів. Рослинне насадження молоде, розвинене поки що слабо.

Індивідуальна забудова – біотоп, який презентують одно-двоповерхові приватні будинки з присадибними добудовами (гаражами, сараями тощо).

Прирічковий біотоп – біотоп типу старих та індивідуальних забудов на обох берегах річки або малих річок, які проходять через місто, щільність населення невисока.

Парк - великий за розмірами біотоп з природних та (або) посаджених зелених насаджень з алеями, квітниками, а також з обладнанням для відпочинку і розваг.

Лісопарк - упорядкований лісовий масив у зоні міст, промислових центрів, робітничих селищ та інших населених пунктів, який використовується з рекреаційною метою.

Зонування паркових урбоекосистем (Кучерявий, 2001):

У парковій рослинності виділяються **саморегульовані** (в залежності від розташування, представлені всіма типами рослинності від болотної до лісової) та **керовані** (газони, квітники, огорожі, боскети, об'єкти топіарного мистецтва, декоративні біогрупи, стави і струмки з їх рослинністю) рослинні угруповання. Виділено 9 груп культурфітоценозів:

Сільвоценози - рослині угруповання, що формуються за аналогією з природним лісом з його характерною ярусністю, співвідношенням дерев - едификаторів, субедификаторів і асектаторів.

Фрутоценози - чагарникові зарості, які формуються відповідно до цільового призначення: огорожі, автономні декоративні групи або узлісся. В парках часто можна зустріти чагарникові зарості з калини, горобини, бересклету бородавчатого, садового жасмину, ліщини, маслинки вузьколистої, обліпихи.

Пратоценози - штучні лучні угруповання або газони різних типів. Виділяються звичайні, партерні і спортивні. При підсіві у лучний або зви-

чайний газон квітникових створюються квітучі газони.

Стриптоценози - зелені смуги різної величини і конструкції. Розповсюджені асоціації: клен гостролистий + ясен зелений + тополя Симона + дерен звичайний + розрив-трава дрібноквіткова; акація біла + клен гостролистий + карагана + різнотрав'я та ін.

Флоріценози - квітники однорічних і багаторічних рослин. Їх можна було б виділити з спільної групи агроценозів і назвати *флорікультурценозами*. Виділяють однорічні (деколи дві-три посадки або посів), дворічні та багаторічні угруповання.

Помологоценози - плодові сади, які мають декоративний характер, особливо в період цвітіння і плодоношення.

Акваценози - водні рослинні угруповання декоративних ставів і струмків.

Агроценози - угруповання сільськогосподарських рослин.

Вітаценози - виноградники, поширені в зелених зонах міст.

Зонування урбоекосистем за характером забудов, типом насаджень і характером девастрованості (Дантєв, 1998)

Лісові та лісопаркові масиви приміської зони.

Міські парки, сади, сквери.

Житлові масиви старої забудови.

Житлові масиви сучасної забудови.

На територіях промислових підприємств і санітарно-захисних зон навколо них.

Автотранспортні системи.
На наливних пісках.
На кар'єрних виробках.
Яружно-балкові системи і природні відшарування.

Зонування урбоекосистем за градієнтом урбопресу
(Шрубович Ю.Ю., 2001):

Еталонні (фонові) екосистеми.
Паркові урбоекосистеми.
Урбоекосистеми бульварів (старих і новостворених).
Острівні урбоекосистеми: „вікна асфальту з поодинокими деревами”, квіткові клумби.
Зони самовідновлення техногенних біотопів: зарослі стінки кар'єрів, промислові сміттєзвалища, будівельні майданчики.

Функціональне зонування урбоекосистеми
(Кучерявий В.П., 2001):

Планувальна структура міста – взаємне розташування основних функціональних зон і системи зв'язків між ними. По суті, це основа міста, яка визначає транспортну силу, зовнішній вигляд міста і відображається в його генеральному плані.
Сільбищна зона – територія, яка призначається для житла. В її межах розташовуються мікрорайони і житлові квартали, культурно-побутові підприємства, окремі нешкідливі виробництва, майданчики, об'єкти озеленення, склади, транспортні об'єкти, резервні території.

Промислова зона – це промислові підприємства, культурно-побутові установи, які їх обслуговують, площі, зелені насадження.

Санітарно-захисна зона – зона зелених насаджень завширшки 50-1000 м, яка захищає селищні території від шкідливого впливу промисловості і транспорту (ширина даної зони часто буває вужчою).

Транспортна зона – об'єкти зовнішнього транспорту (водного, повітряного, залізничного).

Складська зона – територія різного роду складів.

Зонування урбоекосистеми за градієнтною ординацією біогеоценотичного покриву
(Кучерявий В.П., 2001):

Пересуваючись від приміських лісів до центру міста, можна виділити **чотири еколого-фітоценотичні пояси** (ЕФП):

I-й ЕФП – приміські ліси, луки, болота, водойми (ним відповідають біогеоценози першого і другого класів гемеробії – агемеробні, олігогемеробні);

II-й ЕФП – міські парки і лісопарки, лугопарки, гідропарки, великі зелені масиви різного призначення (біогеоценози третього класу гемеробії – мезогемеробні);

III-й ЕФП – сади і сквери (четвертого класу гемеробії – еугемеробні);

IV-й ЕФП – вуличні посадки, насадження промислових підприємств (п'ятого і шостого класів гемеробії – полі- та метагемеробні).

Процес гемеробії змінює спонтанний природний рослинний покрив, перетворивши спочатку

в окультурений (мезогемеробний), а потім у культурний (еугемеробний), постійно супроводжувався формуванням рудеральних рослинних угруповань.

Зонування урбоекосистеми за здатністю до саморегульованості (Кучерявий В.П., 2001):

Окультурені біогеоценози в межах міста і його приміської території виявляють зональний характер (від I до IV ЕФП) – процес, керований (регульований) людиною.

Рудеральні біогеоценози мають азональний характер – процес саморегульований і немовби полярний гемеробії – дегемеробний.

Бульвар – обсаджена деревами широка алея посередині вулиці в місті.

Сквер – невеликий громадський сад у місті, селі, селищі.

Парк – великий сад або гай для прогулянок з алеями, квітниками, а також звичайно з обладнанням для відпочинку і розваг.

Який алгоритм досліджень необхідно застосовувати при вивченні визначених зон урбоекосистем?

Для вивчення урбоекосистеми зручно користуватися таким алгоритмом досліджень:

- 1) необхідно поділити місто за зонами, обравши один з вищезазначених підходів;
- 2) виділити за межами міста фонову (еталонну) територію з мінімальним антропогенним навантаженням, яка повинна відноситись до тієї ж природної зони, що і міста;

- 3) провести дослідження кліматопу та едафотопу виділених зон; визначити відхилення показників від фонових значень і від ГДК;
- 4) дослідити багатство та біорізноманіття біоти у відповідних зонах, визначивши рівень їх трансформації порівняно з фоновим значенням;
- 5) проаналізувати стан функціональних процесів у досліджуваних частинах урбоекосистеми: продуктивність фітоценозів, колообіги елементів, органічної речовини, енергії;
- 6) порівняти результати, одержані для виділених зон, і зробити висновки про рівень їх антропогенної трансформації;
- 7) узагальнивши дані по окремих зонах, зробити загальний висновок про екологічний стан даної урбоекосистеми;
- 8) запропонувати рекомендації для поліпшення екологічного стану урбоекосистеми, якщо він не відповідає критеріям екологічної якості.

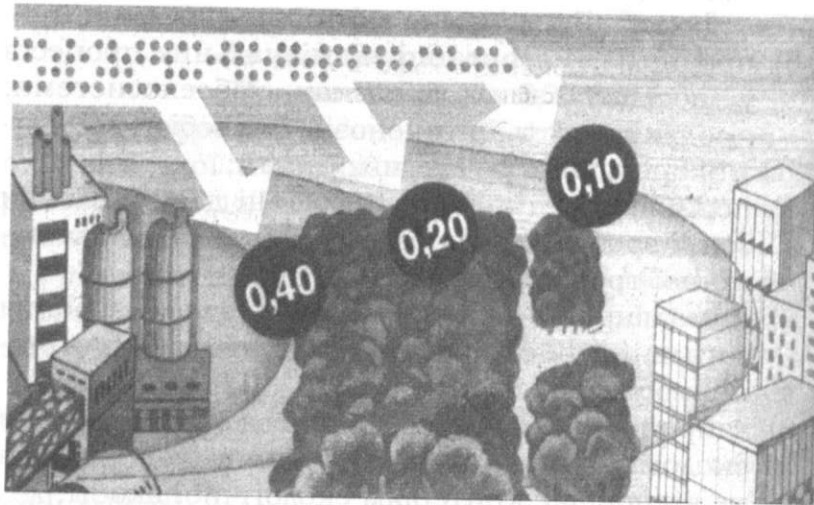
На які частини можна поділити територію навколо підприємств міста для ефективного вивчення їх впливу на довкілля?

У випадку, коли вивчається **вплив конкретного підприємства** на урбоекосистему, обов'язкова оцінка екологічних параметрів у 4-х зонах: робоча зона підприємства, територія підприємства (промислова зона), санітарно-захисна зона (зона розсіювання), селітебна (житлова) зона.

Робочою зоною підприємства вважається приміщення цехів, де безпосередньо виробляється продукція.

Зона розсіювання – це санітарно-захисна зона (СЗЗ), яка обов'язково повинна оточувати територію підприємства, відділяючи її від житлово-

го масиву. Ширина цієї зони визначається характером викидів, які здійснює підприємство, і строго регламентована. Чим вищий клас небезпеки забруднювачів, тим ширша повинна бути ця зона.

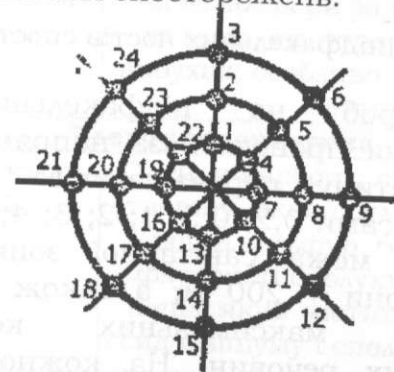


промислова зона санітарно-захисна зона житлова зона
Схема зонування території навколо досліджуваних підприємств

За яким принципом слід розміщувати пости спостережень навколо підприємств?

Для цього розробляється ситуаційна карта-схема координатної сітки спостережень за забрудненням атмосферного повітря та ґрунтового покриву, розташованих в зоні впливу підприємства. Ситуаційна карта-схема повинна характеризувати ситуацію зони впливу підприємства в радіусі до 50 висот труб найвищої труби, але не менше 2 км.

Крок координатної сітки визначається згідно з п. 2.19. ОНД-86 залежно від класу небезпечності викидів підприємства, а саме: 1, 2 клас – 250 м, 3 клас – 100 м, 4 клас – 50 м, 5 клас – 25 м. Якщо клас небезпечності невідомий, то крок визначають в залежності від висоти джерела викиду при маршрутних постах спостережень, або за строго детермінованими радіусами при підфакельних постах спостережень.

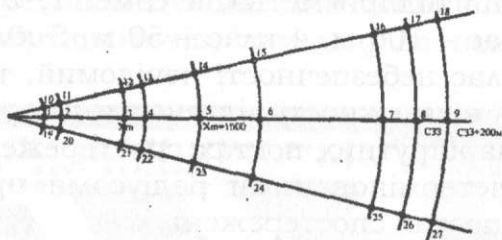


Розміщення маршрутних постів спостереження:
1) $0,5 R$; 2) R ; 3) $1,5 R$; $R = 20H$, H – висота джерела викиду.

Маршрутні – призначені для регулярного відбору проб повітря у фіксованих точках місцевості навколо підприємства за допомогою спеціально обладнаної автолабораторії, яка Пересувається за певним маршрутом та визначеним годинниковим графіком.

Підфакельні – для відбору проб під димовим факелом з метою виявлення зони впливу даного джерела. При цьому у зоні максимального забруднення відбирають не менше 60 проб, в

інших зонах – 25. Проби відбираються на висоті 1,5 м.



Розміщення підфакельних постів спостереження

Відбір проб на підфакельних постах спостереження проводять за напрямом вітру в точках перетину переважаючого напрямку з колами радіусами 0,2; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 15; 20 км, межа санітарної зони та межа санітарної зони + 200 м, а також на відстані формування максимальних концентрацій забруднюючих речовин. На кожному колі по обидва боки від осі факелу, на відстані $1/25 R$ кола встановлюють ще два пости спостереження.

На дослідження яких сполук потрібно звернути увагу в ореолі підприємств різних напрямків промисловості?

Типові викиди підприємств різних галузей промисловості

Паливна та добувна промисловість

Нафтова	Оксид карбону (IV), оксид сульфуру (IV) – при згоранні нафтопродуктів
Газова	Оксид карбону (IV), оксид сульфуру IV оксиди нітрогену, сажа – при спалюванні вугілля
Вугільна	Виникнення кар'єрно-

	відвальних комплексів, порода-та шламосховищ. Зміна ландшафту величезних територій. Шумове та вібраційне забруднення
Добувна	Викиди хлористих сполук, сульфатної кислоти, розчинних солей феруму, мангану, купруму, цинку, ніколу та інших. Забруднення атмосфери за рахунок пилу та газів, які утворюються при вибухах, особливо значні викиди метану.

Електроенергетика

Теплові електро-станції	Оксиди карбону, сульфуру та нітрогену, оксид сульфуру IV, гідроген сульфур, бенз(а)пірен, флуористі сполуки, сажа, пил, попіл, який містить вільний оксид сіліціуму і сполуки практично всіх металів, в тому числі арсену, ванадію, меркурію та плюмбуму.
Атомні електро-станції	Урановмісні речовини (оксид урану (IV)), сплави урану з металами, продукти радіоактивного розпаду (стронцію-89 та 90, цезію-134, йоду-129, кобальту-60, мангану-54 і 56, тритію).
Гідроелектро-станції	Зменшення вмісту біогенних речовин (фосфору, феруму) за рахунок седиментації, зниження вмісту розчинного кисню, збільшення рН, мутності та концентрації завислих речовин
Металургійна промисловість (металургійний комплекс)	

Чорна металургія	Викиди доменного шлаку та газу. Доменний газ представлений метаном, азотом, оксидом та оксид карбону (IV), значною кількістю пилу. Викиди оксидів сульфур (IV), гідроген сульфур, амоніаку, бенз(а)пірену, бензену, фенолу, аерозолі мангану та оксиду хрому, сполук ванадію
Виробництво сталі	Забруднення атмосфери оксидами карбону (II) та (IV), оксидом сульфур, різними вуглеводнями та амоніаком. Викиди оксиду сульфур (VI) та великої кількості пилу, велика кількість фенольних сполук у стічних водах. Забруднення стічних вод амоніаком, сірководнем, ціанідами та бензеньними вуглеводами. Забруднення довкілля феросплавними шлаками.
Кольорова металургія	Викиди в стічні води та атмосферне повітря сполук кольорових металів.
Виробництво алюмінію	Викиди оксидів сіліціуму та алюмінію, гідрогену флуориду, флуоромісних солей (флуориду сіліціуму та алюмінію), пилу, СМОЛ.
Машинобудівна промисловість	
Викиди оксиду карбону, формальдегіду, фенолу, гідрогену цікніду, аерозолей сполук хрому, ніколу, органічних розчинників (бензену, фурфуролу); теплове забруднення.	
Хімічна промисловість	
Підприємства	Викиди хлорорганічних сполук

хімічної промисловості	(ХОС) та хлору, амоніаку та чадного газу, фосфорорганічних сполук (ФОС), меркурійорганічних сполук (РОС), нітрофенольних сполук, плюмбуму та його сполук, тетраетилплюмбуму.
Нафтохімічна промисловість	Гідроген сульфур, алкани в тому числі ароматичні (включаючи бенз(а)пірен), оксид сульфур (VI), сульфатна кислота, оксид карбону, амоніак, фенол, бензен, синтетичні жирні кислоти, олефіни, ізопропіл-бензен, пропанон-2, парафіни, спирти.
Підприємства з виготовлення гуми	Газова сажа, органічні розчинники, хлорвініл, нафтаамін.
Целюлозно-паперова промисловість	
Викиди поганопашнучих сполук відновленого сульфур таких як гідроген сульфур, метилмеркаптан, диметилсульфід, диметилдисульфід, оксидів сульфур й нітрогену.	
Промисловість будівельних матеріалів	
Підприємства будівельних матеріалів	Викиди великої кількості полідисперсного пилу, а також викиди оксиду карбону, бенз(а)пірену, оксиду сульфур (IV), фенолу, амоніаку, формальдегіду, важких металів (плюмбуму, меркурію, цинку, мангану, хрому, ніколу та кадмію), радону, азбестових волокон.
Підприємства по виготовленню цементу	Пил, який містить оксиди сіліціуму, кальцію, магнію, феруму, арсену, меркурію, плюмбуму, флуору та флуористих сполук.

Підприємства по виготовленню азбесту і азбоцементу	Азбестовий пил, що містить волокна азбесту.
Підприємства по виготовленню асфальту	Пил, сажа, яка містить бенз(а)пірен, пари бітумів, оксид сульфуру (VI).
Підприємства по виготовленню скляного ізоляційного волокна та мінеральної вати	Тонкодисперсний скляний пил, феноли, формальдегіди, алкани
Легка промисловість	
Трикотажна промисловість	Забруднення стічних вод фарбами.
Текстильна промисловість	Бавовняний пил
Хутрова промисловість	Забруднення стічних вод шестивалентним хромом і формаліном
Шкіряна промисловість	Забруднення стічних вод мездрою, вовною, кров'ю, жирами, сульфатами, сульфідами, хлоридами, лугами та кислотами
Агропромисловий комплекс	
Рослинництво	Забруднення довкілля добривами, пестицидами
Тваринництво	Забруднення ґрунтів гнійними стоками, забруднення атмосферного повітря метаном.
Транспорт	
Викиди оксидів карбону (II, IV) та нітрогену, алканів (особливо бенз(а)пірену), оксиду сульфуру (VI), сполук важких металів (плюмбуму, цинку, кадмію, купруму), альдегідів, сажі; шумове забруднення до-	

вкілля
Житлово-комунальне господарство
Завислі речовини, нафтопродукти, азот, фосфати, хлориди, сульфати, органічні речовини.

ДОСЛІДЖЕННЯ КЛІМАТОПУ УРБОЕКОСИСТЕМ

Основні джерела атмосферних забруднень урбанізованих екосистем – промислові підприємства, теплові й атомні електростанції та автотранспорт. На кліматоуп міста впливають **фізичні** та **хімічні** чинники антропогенного походження.

У даному розділі, Ви познайомитесь з методами визначення ряду фізичних чинників. Передусім, це визначення швидкості та напрямку вітру, що дасть можливість передбачити розповсюдження різного типу забруднювачів.

Специфічним фізичним забруднювачем атмосферного повітря урбоекосистем є шум антропогенного походження. При дослідженні акустичного режиму урбоекосистем особливу увагу належить приділити вулицям, завантаженим автотранспортом.

Для міст, в яких або поблизу яких розміщені АЕС, а також для урбоекосистем, які постраждали від чорнобильської катастрофи, актуальний моніторинг радіаційного фону. Методика його оцінки, яка пропонується Вашій увазі, здійснюється за допомогою портативного приладу вітчизняного виробництва.

Головними хімічними забруднювачами повітря міст є такі шкідливі гази, як Оксид карбону, оксид нітрогену, оксид сульфуру (VI). При дослі-

дженні кліматопу урбоекосистем слід звернути увагу не лише на газові емісії, але й на кислотні опади (дощі, сніги), які формуються при взаємодії газових викидів з водяними парами атмосфери.

Вагомий внесок у формування кліматопу урбоекосистем вносить також пилове забруднення, яке викликає додатковий нагрів повітря і перегрів листкових пластинок деревних рослин. Вам запропоновані роботи, які дозволять оцінити рівень запилення повітря та провести якісні аналізи аерозолію.

У даному розділі Ви познайомитеся з особливостями роботи ряду альтернативних приладів вітчизняного виробництва. Для переважної більшості приладів наведені фотографії або схематичне зображення зовнішнього вигляду із позначенням структурних компонентів.

Для різних фізичних та хімічних чинників наведені граничнодопустимі концентрації (ГДК), що дасть Вам можливість визначити рівень їх аномальних концентрацій. При цьому наведені показники ГДК відповідають розробленому на сьогоднішні Держстандарту України.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕДАФОТОПУ УРБОЕКОСИСТЕМ

Едафотопи урбоекосистем характеризуються підвищеним вмістом важких металів. На територіях зосередження крупних промислових підприємств утворюються техногенні біогеохімічні провінції з аномально високим вмістом важких металів та мікроелементів. У зонах забруднення вміст важких металів може сягати тисячі міліг-

рамів на один кг ґрунту. Це перевищує нормальний фоновий вміст у сотні – тисячі разів. Розподіл важких металів вздовж шляхів залежить від інтенсивності автотранспорту, напрямку вітру тощо. Максимальне забруднення спостерігається в поверхневому шарі ґрунтів (0-5 см) та на глибині 20-25 см на відстані 7-10 м від дороги.

Як свідчать результати досліджень найпомітніше в міських ґрунтах акумулюються цинк, олово, купрум, менше - хром.

При проведенні досліджень міських едафотопів необхідно керуватись такими методологічними положеннями та міркуваннями:

- ✓ Ґрунт – основне джерело більшості хімічних елементів для рослин, а через них – для людини й тварин.
- ✓ Ґрунт – сильна перепона на шляху промислових викидів і водночас головний акумулятор техногенних мас важких металів (ВМ).
- ✓ Враховуючи два перших положення, ґрунт може розглядатися як головний індикатор рівня хімічних елементів у навколишньому середовищі.
- ✓ Переважна більшість українських та іноземних дослідників при вивченні забруднення ґрунтів важкими металами орієнтується на ГДК для валових форм цих елементів. Проте, як засвідчують останні відомості, для практичних досліджень більш значима орієнтація лише на ГДК рухомих форм.
- ✓ Саме у рухомій формі ВМ зумовлюють їх негативну дію відносно до біоти та людини, що і є предметом нормування.
- ✓ ВМ у ґрунті можуть перебувати в різних за

- ступенем рухомості формах: у вигляді комплексних сполук з органічними та неорганічними лігандами, у складі первинних та вторинних мінералів, адсорбованими на ґрунтових колоїдах, у складі солей різного рівня розчинності, у ґрунтовому розчині у вигляді іонів тощо. За ступенем рухомості всі сполуки металів у ґрунті умовно можна поділити на нерухомі, потенційно рухомі та рухомі форми.
- ✓ Для одержання рухомих форм металів застосовують водну витяжку ґрунту.
 - ✓ Для виділення потенційно рухомих форм важких металів із ґрунту в переважній більшості випадків користуються екстрагентами – мінеральними кислотами різної нормальності, ацетатно-амонійним буфером та ін. Доведено, що між вмістом рухомих форм важких металів, що виділяються ацетатно-амонійним буфером (рН=4,8), та показниками біологічної активності ґрунту спостерігається тісний корелятивний зв'язок: r коливається від -0,78 до -0,98. Тому при оцінці вмісту потенційно рухомих форм металів потрібно надавати перевагу саме цьому екстрагенту.
 - ✓ Для визначення валового вмісту важких металів у ґрунті проводиться попереднє його озолення мокрим спалюванням.
 - ✓ Для кожного з досліджуваних важких металів необхідно визначити перевищення його гранично допустимих концентрацій (ГДК). Нижче наводяться ГДК для валових та потенційно рухомих форм важких металів, прийняті на сьогодні для України.

Гранично допустимі концентрації важких металів у ґрунтах

Елемент	ГДК валового вмісту, мг/кг	ГДК рухомих форм, мг/кг
Цинк	100	23
Манган	1500	50
Купрум	55	3
Нікол	85	4
Кадмій	1	0,7
Плюмбум	20	2

Крім перевищення їх гранично допустимих концентрацій (ГДК) для кожного з досліджуваних важких металів необхідно визначити також коефіцієнти концентрацій. За коефіцієнтами їх концентрацій K_c визначають аномальний вміст рухомих форм окремих елементів у поверхневому шарі ґрунтів.

Коефіцієнти концентрацій окремих металів визначаються за Ю.Є. Саєтом як відношення вмісту елементу у досліджуваній точці С до його фонового вмісту:

$$K_c = \frac{C}{C_\phi}$$

Фоновий вміст металів необхідно визначити в одній із еталонних зон міста (при наявності відповідного об'єкту – на його території, при відсутності останнього – у місцях найменшого антропогенного навантаження).

- Сумарний показник забруднення поверхневого шару ґрунтів Z_c розраховують за формулою:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n-1), \text{ де}$$

n – кількість досліджуваних елементів.

У даній формулі до уваги приймаються лише ті елементи, для яких K_c перевищує одиницю. Рівень забруднення поверхневого шару ґрунтів оцінюється за шкалою Ю.Є. Саста):

Шкала рівнів забруднення поверхневого шару ґрунтів важкими металами

Значення сумарного показника забруднення (Z_c)	Рівень забруднення
<16	Слабкий
16-32	Середній
33-128	Високий
>128	Дуже високий (небезпечний)

Відбір змішаних польових проб ґрунту

Для екологічної оцінки ґрунту досліджуваної території відберіть 4 змішаних проби.

Кожну змішану пробу приготуйте з 5 зразків, які відберіть із чотирикутної ділянки площею біля 200 м² (14м × 14м).

Окремі зразки ґрунту для одержання змішаної проби відберіть лопатою або буром на всю глибину орного шару (30 см) за схемою.

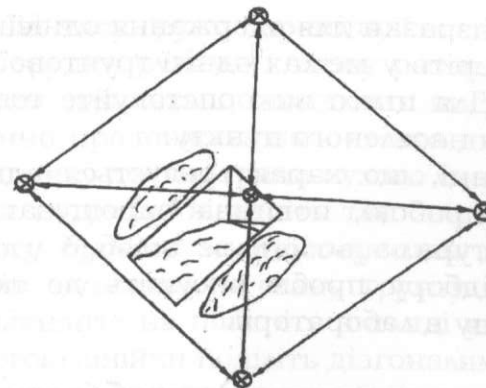


Схема відбору змішаних зразків ґрунту

Першу пробу візьміть у центрі умовного чотирикутника, а потім навхрест від місця взяття першої проби відступіть 10 м і відберіть решту проб по кутах чотирикутника. Зібрані з одної ділянки окремі зразки ґрунту висипте на брезент, добре змішайте й відберіть змішану пробу масою не менше 1-1,5 кг, щоб вистачило для лабораторних досліджень. Змішані проби з 4-х ділянок даної території помістіть в паперові пакети або в мішечки з тканини, а їх, у свою чергу, в один великий пакет. У маленькі мішечки покладіть етикетки з вказівкою номера ділянки або назви урочища, визначених за топографічною картою. В загальний пакет вставте етикетку, на якій простим чорним олівцем запишіть такі дані:

Поштова адреса населеного пункту
Дата
Зібрав / підпис/

При відбиранні зразків ґрунту дотримуйтесь таких правил:

1. Ґрунтові зразки для одержання однієї змішаної проби беріть у межах однієї ґрунтової різновидності. Для цього використовуйте топографічну карту населеного пункту.
2. На ділянці, що характеризується однією змішаною пробєю, повинна вирощуватись одна с/г культура.
Після відбору проби висушіть до повітряно-сухого стану в лабораторії.

Підготовка ґрунту для лабораторних досліджень і відбір середньозмішаних проб

Більшість аналізів проводять із ґрунтом, висушеним до повітряно-сухого стану.

♣ Для визначення нітратів використовуйте ґрунт без попереднього висушування !

Приміщення для висушування ґрунту повинно бути сухим і чистим, щоб ґрунт не поглинав газів і парів.

Для висушування до повітряно-сухого стану польові змішані проби ґрунту масою 1-1,5 кг розподіліть тонким шаром на листках паперу. Застосовуючи лупу, вилучіть із ґрунту корінці та різні включення. Великі корінці відберіть пінцетом, а дрібні за допомогою скляної палички, наелектризованої шматочком вовни, для чого паличкою проведіть багато разів над шаром ґрунту на висоті 3-5 см. При цьому корінці притягуються до палички. Проте дану операцію потрібно проводити обережно, оскільки на дуже близькій відстані до палички можуть притягуватись та прилипати не тільки корінці, але й дрібні частки ґрунту.

Час від часу ґрунт перемішуйте, подрібнюйте великі грудки руками і знову розсипайте тонким шаром для більш швидкого висушування, яке повинно продовжуватись кілька днів для доведення ґрунту до повітряно-сухого стану.

Потім із ґрунту відберіть так звану **середню пробу, яку будете застосовувати** для оцінки показників екологічного стану ґрунту. Для цього ґрунт вирівняйте на папері у вигляді квадрату та за допомогою лінійки поділіть діагоналями на 4 частини. Дві протилежних частини ґрунту змішайте і використайте для аналізів запланованих у даний момент, а дві інших - для аналізів, запланованих на перспективу, або непередбачених аналізів, необхідність у яких може виникнути з часом.

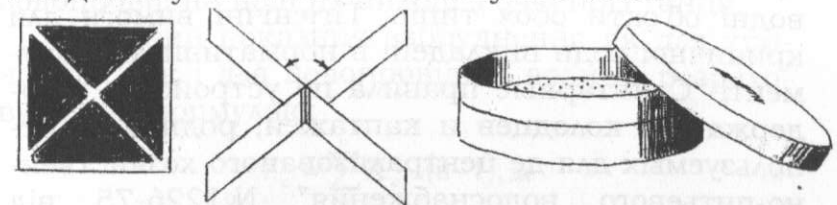


Схема відбору "середньозмішаної проби"

Сито для просіювання ґрунту

Покладіть у картонну коробку та зберігайте в не розтертому стані. В коробку покладіть етикетку, де вкажіть дані про ґрунт. Другу етикетку наклейте на коробку. Ґрунт, що залишився, зважте, добре перемішайте, подрібніть у фарфоровій ступці за допомогою товчачика і просійте через сито з отвором 1 мм. Ґрунт, що не пройшов через сито, знову подрібніть у ступці і просійте через сито. Таку операцію повторюйте доти, поки на ситі залишаться лише кам'яні частки. Про-

сіяний через сито ґрунт добре перемішайте і розподіліть тонким шаром на листку паперу, поділіть на квадратики площею 4×4 см і з кожного з них візьміть по 10 г, які використовуйте для визначення вмісту рухомих форм елементів у ґрунті. Решту просіяного ґрунту висипте в банку з кришкою або паперовий пакет і використовуйте для інших хімічних аналізів як аналітичну пробу.

АНАЛІЗ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ УРБООКОСИСТЕМ

Мешканці більшості урбоекосистем України споживають як водопровідну, так і криничну воду. Тому екологічний аналіз повинен охоплювати водні об'єкти обох типів. Гігієнічні вимоги для криничної води викладені в нормативному документі "Санитарные правила по устройству и содержанию колодцев и каптажей, родников, используемых для де централизованого хозяйственно-питьевого водоснабжения" №1226-75 від 20.02.75. При оцінці якості водопровідної води слід керуватися нормативними документами "Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством" №2534 від 29.06.88 та "Державні санітарні правила щодо води централизованого водопостачання" №253.

Відповідними документами керуються у своїй діяльності санепідемстанції всіх обласних центрів України. В даному розділі представлені методики визначення у питній воді лише важких металів та алюмінію. Інші хімічні забруднювачі (в.т. нітрати) будуть розглянуті в окремій книзі, присвяченій водним екосистемам.

Забруднення водопровідної та криничної води міста важкими металами визначають порівнюючи з ГДК для відповідних видів води, а також з фоновими значеннями.

При визначенні рівня перевищень фонового вмісту важких металів у воді, необхідно спочатку розрахувати коефіцієнти концентрацій по кожному з них за Саєтом як відношення вмісту елемента в досліджуваній точці до його фонового вмісту:

$$K_c = \frac{C}{C_\phi}$$

Фоновий вміст важких металів для криничної води необхідно визначити в одній із еталонних (екологічно чистих) зон міста, а фоновий вміст у водопровідній воді на виході з очисної станції.

Сумарний показник забруднення як для криничної, так і для водопровідної води Z_c розраховують за формулою:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c \cdot (n-1), \text{ де}$$

n – кількість досліджуваних елементів.

Рівень забруднення визначте за таблицею.

Визначення рівня забруднення питної води важкими металами за сумарним показником забруднення

Значення сумарного показника забруднення (Z_c)	Рівень забруднення
<10	Слабкий
10-30	Середній
31-100	Високий
>100	Дуже високий

Відбір проб води

Місце відбору проб залежить від поставленого завдання. Проби води відбирають у маловодні і багатоводні періоди.

Відбір проб може бути *одноразовим (нерегулярним)* або *серійним (регулярним)*. Проба чи серія проб має бути характерною для місця відбору, а об'єм залежить від кількості визначуваних компонентів та обраної методики аналізу.

Прості проби одержують одноразовим відбором об'єму води, необхідного для аналізу; **змішані** – це суміш простих проб, відібраних одночасно з різних місць досліджуваного об'єкта чи в одному місці через різні проміжки часу (вони характеризують склад води в просторі і часі). В окремих випадках, якщо стічні води скидаються у водойму, в якій аналізують воду, нерегулярно і в різних кількостях, відбирають **середню пропорційну пробу** (суміш простих проб, об'єм яких пропорційний кількості скинутих стічних вод).

Проби води відберіть у склянку з поліетилену чи бор силікатного скла “пайрекс”. Посуд вимийте синтетичними мийними засобами, розчином хлоридної кислоти, скляний – хромовою сумішшю, після чого сполосніть спочатку водопровідною, а потім дистильованою водою. Перед відбором проб посуд 2-3 рази промийте водою, яку будете брати для досліджень (для достовірності результатів відберіть одночасно по 2 проби).

Посудину заповніть водою вщерть, щоб не залишалася повітря і закрийте корком. Запишіть місце забору, час, прізвище особи, яка відбирала проби.

ОЦІНКА СТАНУ БІОТИ УРБОЕКОСИСТЕМ

При дослідженні біоти урбоекосистем доцільно поєднувати натурні спостереження з експериментальними дослідженнями живих організмів у лабораторії.

Для натурних досліджень найбільше підходять такі види:

- 1) інтродуковані деревні породи, які з одного боку виконують декоративну функцію при створенні загального архітектурного ансамблю міст, а з іншого – мають високу газопоглинальну та акумулятивну здатність. Актуальним для будь-якої міської системи є виявлення таких деревних порід, які відзначаються стійкістю і збереженням своїх декоративних якостей у відповідь на специфічний комплекс полутантів досліджуваної урбоекосистеми. Перебуваючи в умовах багаторічної експозиції на урбанізованих територіях, інтродуковані деревні породи мають цілий ряд переваг при індикації довготермінових тенденцій і буферної здатності урбоекосистем. Біоіндикація урбоекосистем за допомогою деревних видів здебільшого зорієнтована на листову діагностику, тобто оцінку стану довкілля за змінами листків;
- 2) різні види лишайників, оскільки в залежності від рівня забруднення міста змінюються життєві форми та види лишайників;
- 3) широко розповсюджені трав'янисті рослини, які зустрічаються як в природних, так і в урбанізованих екосистемах. Порівняльний аналіз їх стану у природній та урбанізованій

екосистемі дає можливість оцінити ступінь антропогенної трансформації довкілля. До їх числа відноситься жовтець їдкий (*Ranunculus acris* L.), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Webb. ex Wigg.), подорожник великий (*Plantago major* L.);

4) види мезофауни ґрунту як дзеркало антропогенної трансформації ґрунтового покриву міста. В даному розділі Ви познайомитесь з методикою відлову цих видів за допомогою спеціальних пасток, які без особливих зусиль може виготовити будь-який дослідник. А аналіз біорізноманіття мезофауни дасть можливість зробити висновки про екологічний стан ґрунтів досліджуваних Вами зон міста;

5) *Drosophila melanogaster* L (плодова мушка), популяції якої виявляють високу чутливість до шкідливих полютантів у повітрі. Нами запропонована спеціальна методика, яка дозволяє оцінювати стан популяцій цього виду за таблицями виживання;

6) людські популяції, оскільки діяльність людини, перш за все, впливає на її власний стан. Вперше пропонується авторська методика оцінки стабільності урбоекосистем за показником фенотипічного різноманіття людських популяцій, побудована на популярному в криміналістиці тесті "Словесний портрет". Особливої уваги заслуговує проблема впливу антропогенних чинників на спадковий апарат людини. В даному розділі нами описана методика оцінки мікроядерного індексу, який визнаний в

екологічній практиці як найбільш інформативний показник рівня пошкодження геному. Крім того, в ряді робіт подані доступні методики оцінки загального стану здоров'я людини.

Для лабораторних досліджень найбільше підходить насіння або проростки пріоритетних сільськогосподарських культур того регіону, до якого відноситься досліджувана урбоекосистема. При цьому орієнтуватися потрібно на найновітніші районовані для відповідної території сорти. Такий підхід дозволить розробити рекомендації щодо добору високостійких культур для еугемерних біоценозів в межах міста. У даному розділі описані прості у виконанні методи застосування насіння та проростків не лише з метою виявлення їх стійкості до забруднювачів досліджуваної урбоекосистеми, але й для біоіндикації рівня антропогенної трансформації виділених в її межах зон.

Синекологічні дослідження спрямовані на дослідження угруповань різних видів в екологічних системах. У роботах 33 та 34 розглядаються методики дослідження угруповань лишайників та мезофауни ґрунту. Синекологічні дослідження лишайників дозволять оцінити стан атмосферного повітря, а екологічний стан ґрунтів міста Ви зможете оцінити за біорізноманіттям ґрунтової мезофауни.

Аутекологічні дослідження передбачають виявлення різних змін окремих організмів у відповідь на вплив антропогенних чинників. Здебі-

льшого головною метою цих досліджень є біоіндикація довкілля.

Біоіндикація – це метод виявлення шкідливих чинників у довкіллі за станом окремих органів або систем органів живих організмів. У відповідності з цим організми, життєві функції яких особливо тісно корелюють із певними факторами середовища називаються **біоіндикаторами**.

Існують різні форми біоіндикації. Якщо дві однакових реакції викликаються різними антропогенними факторами, то говорять про неспецифічну біоіндикацію. Якщо ж ті або інші зміни можна пов'язати тільки з одним фактором, то мова йде про специфічну біоіндикацію.

В історії біоіндикації морфологічні зміни рослин у відповідь на антропогенні впливи привернули до себе увагу дуже рано. У середині 19 ст. були зафіксовані пошкодження рослин димом навколо бельгійських та англійських поташевих фабрик, а вже в 1850 р. Штекхард опублікував свої спостереження про пошкодження димом ялин. Пізніше повідомлялось про характерні зміни забарвлення рослин під час військового застосування отруйних газів або їх витоків. Сьогодні в усіх промислово розвинених країнах відомо про видимі пошкодження рослинності димом або вугільних дерев сіллю.

Морфологічні зміни рослин зручні для біоіндикації, оскільки вимагають незначних затрат праці при спостереженні та оцінці явищ, що спостерігаються. Ці зміни найчастіше можуть проводитися без спеціальних лабораторій та навченого персоналу. В ряді країн морфологічні індикатори використовуються в національній системі моні-

торингу, в тому числі в Нідерландах уже понад 10 років. За допомогою методів біоіндикації, основаних на морфології рослин, одержана більша частина картосхем антропогенного впливу. Морфологічні методи індикації знаходять також застосування при селекції стійких ліній лісових, плодових і декоративних дерев.

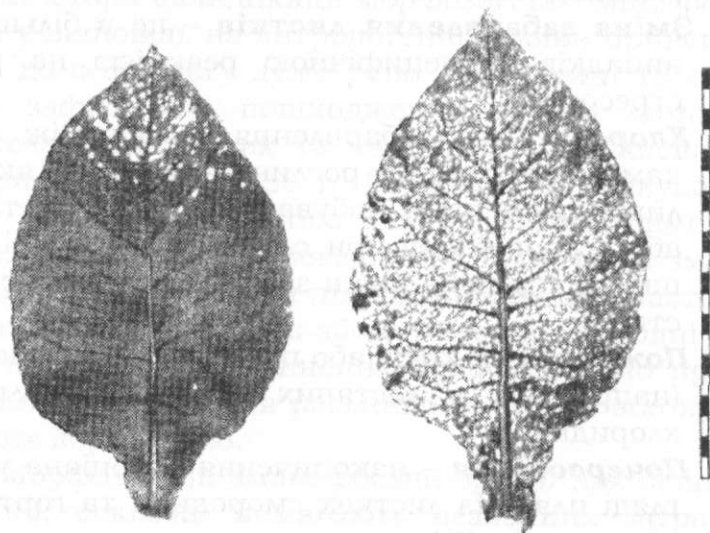
Дослідження стану листків деревних рослин у різних зонах міста

1. При дослідженні змін листків у деревних рослин, насаджених у межах міста слід звернути увагу на зміну їх забарвлення, наявність і тип некрозів, початок дефоліації, тощо. Детальний опис різновидностей цих змін наводиться нижче.
2. **Зміна забарвлення листків** – це в більшості випадків неспецифічною реакцією на різні стресори:
 - **Хлороз** – бліде забарвлення листків між жилками, наприклад, у рослин на відвалах, які залишаються після добування важких металів, або соснової хвої при слабкому впливі різних шкідливих газів (іноді зворотна в молодих листків);
 - **Пожовтіння** країв або певних ділянок листків (наприклад, у листяних дерев під впливом хлоридів);
 - **Почервоніння** – накопичення антоціану у вигляді плям на листках смородини та гортензії під впливом SO₂.
 - **Побуріння** або **побронзовіння** у листяних дерев, часто початкова стадія тяжких некротичних пошкоджень; у ялин та сосен слугує для подальшої розвідки зон димових пошкоджень;

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

3. **Некрози** – відмирання органічних ділянок тканини – важливі симптоми пошкоджень при індикації, іноді доволі специфічні. Необхідно розрізняти:

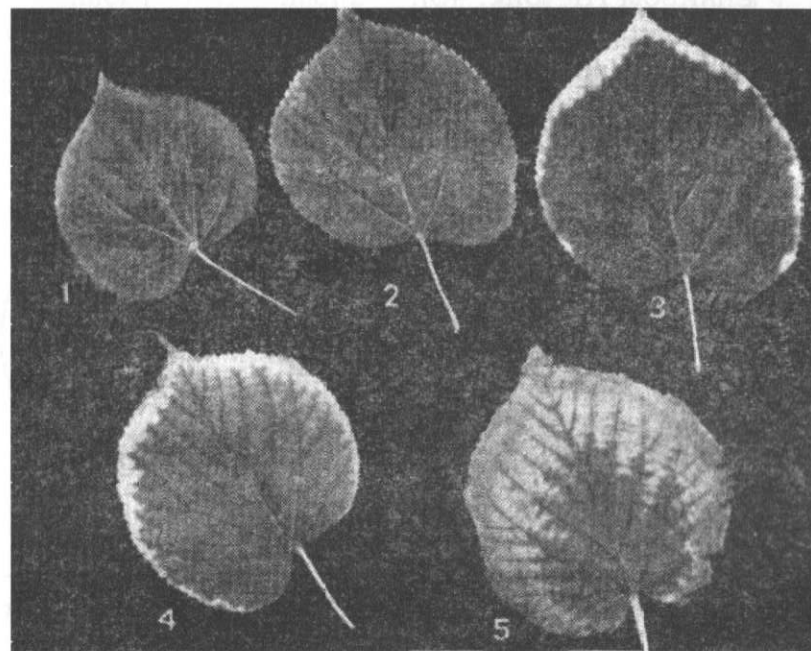
➤ **Точкові** та **плямисті** некрози – відмирання тканин листової пластинки у вигляді точок або плям; наприклад, дуже характерні сріблясті плями після впливу озону в тютюну сорту Bel W3, а також у *Urtica urens* та *Begonia semperflorens*;



Плямисті некрози (“сріблясті плями”) листків тютюну *Nicotiana tabacum* Bel W 3 як характерний симптом пошкодження озonom. На молодих листках некрози утворюються лише біля верхівок.

➤ **Міжжилкові** некрози – відмирання листової пластинки між боковими жилками першого порядку; часто при впливі SO_2 ;

➤ **Крайові** некрози – характерні, чітко відмежовані краї у листків лип, які пошкоджуються кухонною сіллю, що застосовується для танення льоду;

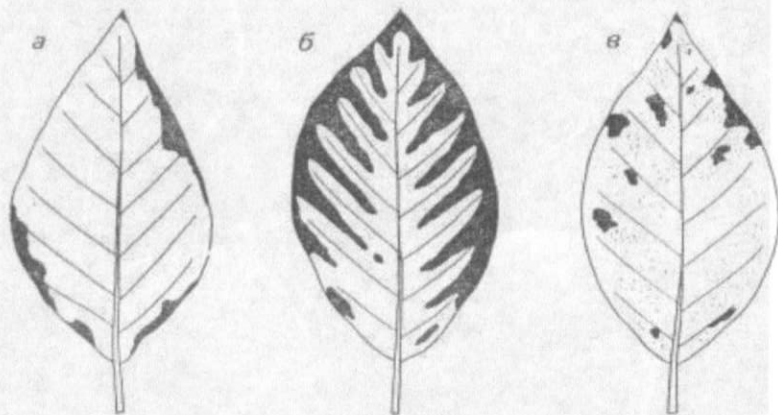


Бонітувальна шкала крайових некрозів листків лип, пошкоджених сіллю для розтоплення льоду:

1- пошкодження відсутні; 2 – крайовий хлороз; 2- 3 – сильний хлороз листової пластинки, жовте забарвлення країв листка; 4 – сильний крайовий некроз із жовтою пограничною зоною; 5 – більша частина листової пластинки відмерла

- **“Риб’ячий скелет”** – поєднання міжжилкових і крайових некрозів (рис.42);
- **Верхівкові** некрози – характерні для однодольних та хвойних темно-бурі, різко відмежовані некрози, кінчиків хвої або верхівок листків (наприклад, у піхти та сосни після впливу SO_2 або у гладіолусів сорту “Snow Princess” під впливом HF (рис. 43).

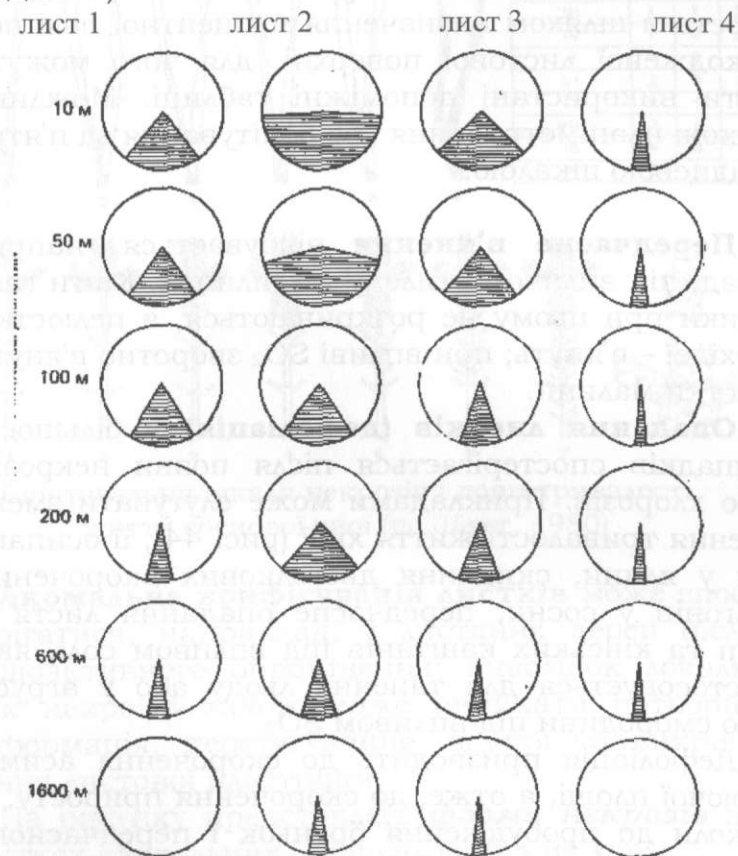
- Некрози **оплодня**, наприклад, після впливу SO_2 на сім’ячкові плоди, особливо поблизу квітів.



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

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

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



Площа некрозів, викликаних газоподібними викидами фтору, на листках гладіолуса в залежності від віку листків (за Steubing, 1982 а). лист 1 – найстаріший лист 4 – наймолодший. Заштрихованим позначено пошкоджену частину, %

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

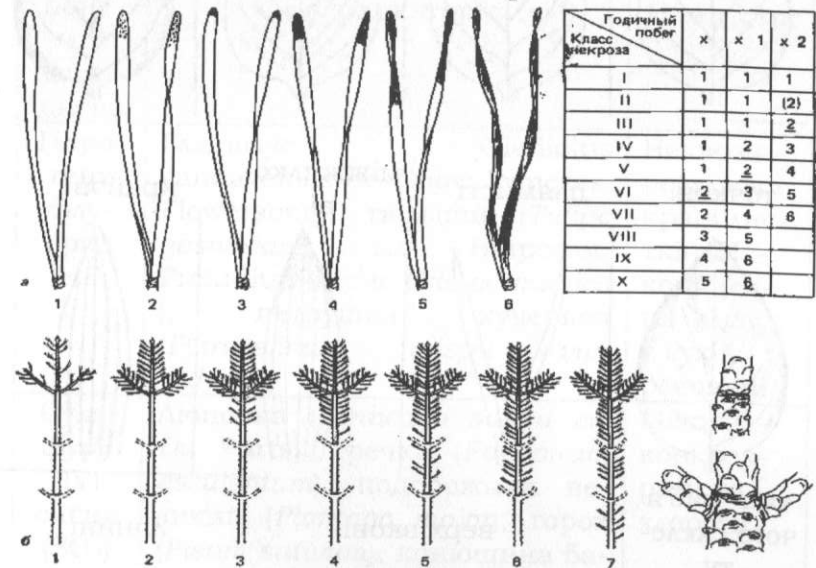
Кількісна оцінка некрозів найчастіше здійснюється шляхом визначення процентної долі пошкодженої листової поверхні, для чого можуть бути використані допоміжні таблиці. Можливе також планіметривання або бонітування за п'яти-східцевою шкалою.

Передчасне в'янення відбувається, наприклад, під впливом етилену в теплицях. Квіти гвоздики при цьому не розкриваються, а пелюстки орхідеї – в'януть; при впливі SO₂ зворотно в'януть листки малини.

Опадання листків (дефоліація) у більшості випадків спостерігається після появи некрозів або хлорозів. Прикладами може слугувати зменшення тривалості життя хвої (рис. 44), її осипання у ялини, скидання двоголкових вкорочених пагонів у сосни, передчасне опадання листя у лип та кінських каштанів під впливом солі, яка застосовується для танення льоду або у агруса або смородини під впливом SO₂.

Дефоліація призводить до скорочення асимілюючої площі, а отже, до скорочення приросту, а інколи до пробудження бруньок і передчасного утворення нових пагонів. У хвойних порід легко можна визначити вік хвої, оскільки приріст пагонів у них іде строго ритмічно. Частіше за все при цьому оцінюється відсоток хвої, яка зберег-

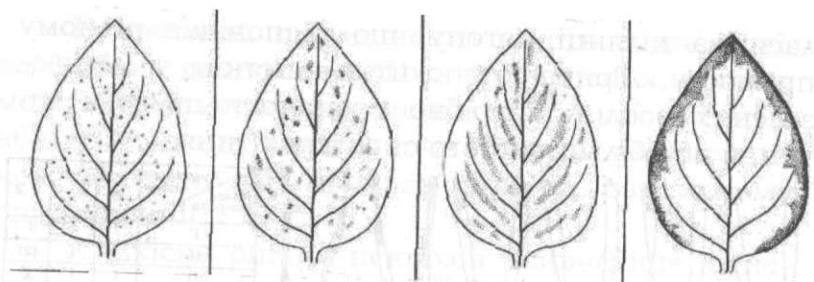
лася на ділянці пагону, що відповідає річному приросту. Тривалість життя листків у літньо-зелених рослин потрібно визначати шляхом мічення або більш частого спостереження.



Бонітувальна шкала некрозів і довготривалості життя соснової хвої (по Jäger, 1980)

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

На рисунку представлені **форми некрозів** на листках дводольних і однодольних і на хвої.

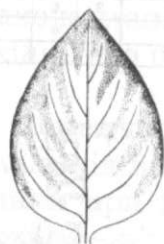


точкові

плямисті

міжжилкові

крайові



тип "риб'ячого скелету"



верхівкові



лінійні

Форми некрозів на листках дводольних і однодольних і на хвої (схематично).

При застосуванні листової діагностики доцільно можна використати види рослин чутливі до листків яких до найбільш поширених поллютантів уже встановлена.

Рослини-біоіндикатори найпоширеніших забруднювачів міських екосистем

Компоненти забруднень	Біоіндикатори	Симптоми
Гідрогену флуорид (HF)	Гладиолус (<i>Gladiolus gandavensis</i> cv. Snow Princess. Flowersong), тюльпан (<i>Tulipa gesneriana</i> cv. Bluperrot, Preludium), ірис (<i>Iris germanica</i>), петрушка кучерява (<i>Petroselinum crispum</i> var. <i>Vulgare</i>)	Некрози верхівок і країв листків. Накопичення флуору у сухій речовині
Сульфур (IV) оксид (SO ₂)	Люцерна (<i>Medicago sativa</i> cv. Du Purts), гречка (<i>Fagopirum esculentum</i>), подорожник великий (<i>Plantago major</i>), горох (<i>Pisum sativum</i>), конюшина багряна (<i>Trifolium incarnatum</i>)	Міжжилкові некрози та хлорози
Нітрогену (IV) оксид (NO ₂)	Шпинат городній (<i>Spinacia oleracea</i> cv. <i>Subito, Dynamo</i>), махорка (<i>Nicotiana rustica</i>), селера пахуча (<i>Apium graveolens</i>)	Міжжилкові некрози
Хлор (Cl ₂)	Шпинат городній (<i>Spinacia oleracea</i> cv. <i>Subito, Dynamo</i>), квасоля звичайна (<i>Phaseolus vulgaris</i>), латук посівний (салат) (<i>Lactuca sativa</i>)	Деформація хлоропластів, збліднення листків
Етилен (C ₂ H ₄)	Латук посівний (салат) (<i>Lactuca sativa</i>), помідор їстівний (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	Закручування країв листків

Бібліографічний список



1. Биология / под ред. Д.Тейлор, Г.Грин, У. Стаут. В 3-х томах. – Т.2. – С. 23-36
2. Валиев Р.Р. Сравнительная характеристика наследственного полиморфизма по признаку «седого» пятна на листьях растений в популяциях *Trifolium repens* территории г. Уфы и некоторых районов Республики Башкортостан / Валиев Р.Р., Яковлева О.М. // Вестник Башкирского университета. – 2008. – Т. 13, №2. – С. 273-276.
3. Гашев С. Н. Использование интегральных характеристик сообществ мелких млекопитающих для оценки их состояния и устойчивости при экологическом мониторинге [в Западной Сибири] / С. Н. Гашев // Изв.Челяб. науч. центра Урал. отд-ния Рос. акад. наук. – 2007. – Вып. 4. – С. 59-64. – Библиогр.: с. 63-64 (30назв.)
4. Гелашвили Д. Б. Меры сходства и разнообразия в оценке флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков / Гелашвили Д. Б., Солдатов Е. Н., Чупрунов Е. В. // Журнал общей биологии. – 2004. – № 2. – С.401-410.
5. Екофлора України. / [Дідух Я.П., Плюта П.Г., Протопопова В.В.], Срмоленко В.М., Коротченко І.А., Каркуцієв Г.М., Бурда Р.І. / Відпов. ред.. Я.П. Дідух. – Київ: Фітосоціоцентр, 2000. – Т. 1.– 284 с.
6. Життєздатність популяцій рослин високогір'я Українських Карпат (За редакцією Й. Царика) / Царик Й., Жиляєв Г., Кияк В., Кобів Ю., Сичак Н., Данилик І., Дмитрах Р., Білоног В., Решетило О., Микітчак Т., Нестерук Ю., Кобів В., Гинда Л.– Львів; Меркатор, 2009. – 172 с.
7. Захаров В.М. Здоровье среды: Практика оценки. / Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 180 с.
8. Злобін Ю.А. Принципи і методи вивчення ценотичних популяцій рослин. – Казань, 1989. – 147 с.
9. Маркова Т.С. Оценка фенотипов белого клевера в зонах рекреации города Шуя // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 8 – С. 50-69.

10. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации / В.С. Николаевский – М. : МГУЛ, 1999. – 193 с.
11. Протопопова, В. В. Синантропная флора Украины и пути ее развития / Протопопова В. В. Киев, 1991. 204 с.
12. Руденко С.С. Загальна екологія. Практичний курс. в 2-х частинах, Ч.2. Природні наземні екосистеми. / Руденко С.С., Костишин С.С., Морозова Т.В. – Чернівці: Книги-XXI, 2008. – 308 с.
13. Руденко С.С. Структура взаємовідносин субдомінантних видів трав'янисто-чагарникового ярусу у біотопах чистих та мішаних букових лісів / С.С. Руденко, М.В.Талах. // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. - 2008. - №1. - С.31-36.
14. Смирнов Д.Г. Биотопическая структура сообществ Рукокрылых пойменных экосистем Самарской луки. / Смирнов Д.Г., Вехник В.П. // Известия Самарского научного центра российской академии наук. - 2012. - Т. 14, №1. - С. 177-180
15. Соколова Г.Г. Морфогенетический полиморфизм листьев клевера ползучего / Соколова Г.Г., Камалтдинова Г.Т. // Известия Алтайского государственного университета. – Т. 67, № 3-1. – 2010. – С.48-51.
16. Стратегія популяцій рослин у природних і антропогенно-змінених екосистемах Карпат / [Й. Царик, К. Малиновський, Г. Жилієв та ін.]; за ред. М. Голубця, Й. Царика. – Львів: Євровіт, 2001. – 160 с.
17. Стрельцов А. Б. Региональная система биологического мониторинга на основе анализа стабильности развития / А. Б. Стрельцов, В. М.Захаров // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2003. – № 4-5. – 78 с.
18. Федорова А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М.:Гуманит. Изд. Центр ВЛАДЖОС, 2001. – 288 с.
19. Якубенко Б.Є. Геоботаніка: тлумачний словник / Б.Є. Якубенко, С.Ю. Попович, І.П. Григорюк, М.Д. Мельничук. Навчальний посібник. – К.: Фітосоціоцентр, 2011. – 420 с.
20. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie Grundzuge der Vegetationskunde. – Wien: Springer, 1964. – 865 s.



ЗМІСТ

АУТЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Аутекологічна характеристика виду	7
Побудова екологічних ніш виду з використанням фітоіндикаційних шкал	10
Оцінка потенційної та реалізованої екологічної валентності видів за фітоіндикаційними шкалами Д.М.Циганова	12
Використання прямого градієнтного аналізу як способу ординації видів за відношенням до екологічних факторів (на прикладі зволоження)	17
Оцінка ступеня відносної біотопічної приуроченості таксономічно близьк их видів	20
Оцінка вірності виду певному біотопу	21
Визначення попарної спряженості видів у біоценозах за коефіцієнтами Юла та Пірсона	23
Визначення попарної спряженості видів у біоценозах за коефіцієнтом Коула	25
Визначення попарної спряженості видів у біоценозах за коефіцієнтом Дайса	27
Інтерпретація характеру зв'язку між видами за зіставленням рівня їх спряженості з перекриттям екологічних амплітуд	28
Контрольні запитання до розділу	30

ДЕМЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження міжпопуляційної різноманітності конюшини повзучої (<i>Trifolium repens</i> L.) за ознакою «сивої» плями на листках	32
Оцінка екологічного стану довкілля за розмірно-віталітетною структурою популяцій <i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh	38
Внутрішньопопуляційне різноманіття та феноти-	53

пова подібність людських популяцій за комплексом ознак	
Внутрішньопопуляційне різноманіття та феноти-	
пова подібність людських популяцій за кольором волосся й очей	73
Оцінка рівня генетичної стабільності людських популяцій за мікроядерним індексом	75
Оцінка стійкості популяцій деревних рослин за інтегральним показником стабільності розвитку	79
Оцінка стійкості популяцій рдесника (<i>Potamogeton</i> L.) за інтегральним показником стабільності розвитку	83
Оцінка стійкості популяцій жаби їстівної (<i>Pelophylax kl. esculentus</i> LINNAES, 1758) за інтегральним показником стабільності розвитку	85
Оцінка віталітетного складу та віталітетного типу ценопопуляцій за методом Ю.А.Злобіна	89
Визначення життєвого стану популяцій деревних рослин за методом В.С. Николаєвського	96
Оцінка типу життєвої стратегії популяцій жовтцю їдкою (<i>Ranunculus acris</i> L.)	97
Контрольні запитання до розділу	102

СИНЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Методологічні аспекти вивчення фітоценозів	105
Порівняльний аналіз подібності угруповань з використанням різних індексів	111
Оцінка видового багатства та різноманіття рослинних угруповань	113
Побудова спектра життєвих форм рослинних угруповань	120
Визначення індексу синантропності рослинних угруповань	122
Визначення видового багатства та різноманіття тваринних угруповань	123
Визначення індексу синантропності угруповань комах	124

Ординація фітоценозів на градієнтах вологості та трофності	125
<i>Контрольні запитання до розділу</i>	128

ЕКОСИСТЕМОЛОГІЯ: ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ЕКОСИСТЕМ

Визначення загальної, пружної та резистентної стійкості екосистем за методикою С.М. Гашева	130
Оцінка стійкості природного середовища за методикою В.А. Барановського та В.Г. Шищенко	134
Оцінка стійкості лучної екосистеми	141
Визначення стійкості лісової екосистеми	142
Визначення біомаси і продуктивності лісової екосистеми	144
Визначення величини біомаси та продуктивності лучної екосистеми	159
<i>Контрольні запитання до розділу</i>	160

ЕКОСИСТЕМОЛОГІЯ: КОЛООБІГ РЕЧОВИНИ ТА ЕНЕРГІЇ В ЕКОСИСТЕМАХ

Колообіг Нітрогену

Прискорений мікрометод Кьельдаля для визначення загального Нітрогену (у рослинному матеріалі, органах і молоці тварин)	162
Визначення білкового та небілкового Нітрогену	166
Культивування вільноживучих азотфіксаторів у ґрунті	170
Виявлення симбіотичних азотфіксаторів у ґрунті	176
Визначення нітрифікуючих бактерій у ґрунті (на середовищі С.М. Виноградського)	182
Визначення загальної нітрифікуючої здатності ґрунту	185
Визначення нітрифікації за Краковим	189
Визначення денітрифікуючих бактерій у ґрунті	190
Визначення амоніфікуючої здатності ґрунту	194

Колообіг Фосфору

Визначення вмісту Фосфору у рослинному та тваринному матеріалі	198
Визначення досяжного Фосфору в некарбонатних чорноземах за В.Труогом	200
Виявлення фосформінералізуючих бактерій у ґрунті	204

Колообіг Сульфуру

Визначення Сульфуру в рослинному матеріалі	206
Визначення Сульфуру у водній витяжці ґрунту	209
Виявлення сульфурвідновлювальних бактерій у ґрунті	212
Виявлення сульфуроокислюючих бактерій у ґрунті	214

Колообіг калію

Гравіметричне визначення калію	220
--------------------------------	-----

Колообіг енергії

Визначення енергетичної цінності біологічного матеріалу	221
Визначення вмісту сухих речовин	223
Визначення вмісту золи	224
Визначення вмісту білка	225
Визначення вмісту жирів за методом Гербера	227
Визначення вмісту жирів за методом Сокслета	229
Визначення вмісту жирів екстракційним методом	230
<i>Контрольні запитання та завдання до розділу</i>	231

ОЦІНКА СТАНУ ТА ЯКОСТІ СЕРЕДОВИЩА МЕТОДАМИ БІОІНДИКАЦІЇ ТА БІОТЕСТУВАННЯ

Інтегральна оцінка середовища за комплексом біоіндикаторів	235
Оцінка якості едафічного блоку екосистем за присутністю рослин-ідикаторів	237
Біоіндикація стану довкілля за цитогенетичними	245

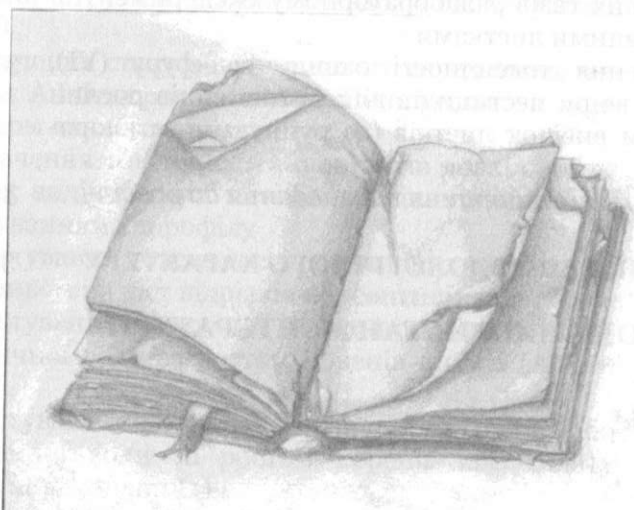
показниками зачаткових етіольованих листків вегетативних бруньок тополі (<i>Populus L.</i>)	
Біоіндикація ґрунтів за допомогою кореневої апікальної меристеми проростків <i>Allium L.</i>	246
Біоіндикація ґрунтів за цитогенетичними показниками корневих меристем проростків <i>Pisum sativum L.</i> (за Паушевою З.П.)	250
Біомоніторинг стану атмосферного повітря за реакцією пилку різних рослин-індикаторів	254
Біоіндикація стану довкілля за відсотком зрілого насіння стручків робінії псевдоакацієвої (акації білої)	258
Визначення стану навколишнього середовища методом А.І.Федорової та А.М. Нікольської за комплексом ознак хвойних	259
Визначення токсичності полютантів довкілля для різних видів рослин методом висічок листків (за руйнуванням хлорофілу)	265
Біотестування токсичності розчинених речовин за їх впливом на ріст відрізків колеоптилів пшениці	271
Біотестування загальної токсичності ґрунту або криничної води за ростом коренів цибулі (<i>Allium cepa L.</i>)	274
Біотестування загальної токсичності ґрунту або криничної води за ростом коренів крес-салату (<i>Lepidium sativum L.</i>)	277
Біотестування токсичності полютантів довкілля за проростанням насіння біотестерів	278
Визначення токсичності опадів за допомогою насіння або проростків біотестерів	281
Когорти виживання та частота патологічних мутацій плодової мушки (<i>Drosophila melanogaster Mg.</i>)	286
Дослідження стану листків деревних рослин у різних зонах міста	291
Виявлення уражених і відмерлих тканин листка різними способами	296
Визначення стану довкілля за площею листків дерев на вулицях міста	298

Біоіндикація рівня біогенних елементів та гербіцидів у ґрунтах флоріценозів за станом листків	300
Визначення вмісту хлорофілу у листках рослин для біоіндикації довкілля	303
Визначення забруднення довкілля пилом за його накопиченням на листових пластинках рослин	307
Визначення впливу парів сульфатної та нітратної кислот на листки молодих рослин під скляним ковпаком	310
Визначення стійкості різних деревних порід до шкідливих газів у лабораторному експерименті з ізольованими листками	312
Визначення токсичності оксиду сульфуру (VI), ґрунту, води, пестицидів для різних видів рослин методом висічок листків (за руйнуванням хлорофілу)	316
<i>Контрольні запитання та завдання до розділу</i>	321

ПИТАННЯ МЕТОДОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ 323

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Додатки



Додаток А

Таблиця 1

Зв'язки між видами рослин підліску на основі зустріваності домі-
нантих та субдомінантних видів
буково-ялицевого лісу (під наметом едифікатора)

Вид А	Вид В	Д	П							
			Тм	Кп	Ом	Cr	Hd	Rc	Tr	Nt
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Abies alba</i> L.	0,80	0,67	0,33	0,67	0,75	0,78	0,80	1,00	0,75
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>R. hirtus</i> Waldst.et.K it.	0,20	0,75	1,00	0,00	1,00	0,44	1,00	1,00	0,88
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>C. betulus</i> L.	0,20	0,83	0,67	1,00	0,75	0,89	1,00	1,00	0,88
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>A. odorata</i> L.	0,20	1,00	1,00	0,25	0,75	0,78	1,00	1,00	0,88
<i>Abies alba</i>	<i>F. sylvatica</i> L.	0,67	1,00	0,67	1,00	1,00	1,00	0,57	0,83	1,00
<i>Abies alba</i>	<i>R. hirtus</i> Waldst.et.K it.	0,33	0,50	1,00	0,00	1,00	0,43	1,00	1,00	1,00
<i>Rubus hirtus</i>	<i>Abies alba</i> L.	0,67	1,00	0,30	0,00	0,30	0,60	0,64	1,00	0,86
<i>Rubus hirtus</i>	<i>F. sylvatica</i> L.	0,33	1,00	0,60	0,00	0,40	0,80	0,45	0,83	1,00
<i>Rubus hirtus</i>	<i>C. betulus</i> L.	0,33	0,63	0,60	0,20	0,80	0,60	0,64	1,00	1,00
<i>Rubus hirtus</i>	<i>A. odorata</i> L.	0,33	0,88	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,86	1,00
<i>C. betulus</i>	<i>F. sylvatica</i> L.	1,00	1,00	0,67	0,80	0,75	1,00	0,71	0,83	1,00
<i>C. betulus</i>	<i>R. hirtus</i> Waldst.et.K it.	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	0,38	1,00	1,00	1,00
<i>Asperula odorata</i>	<i>F. sylvatica</i> L.	1,00	0,86	0,60	0,17	0,50	1,00	0,45	0,71	1,00
<i>Asperula odorata</i>	<i>R. hirtus</i> Waldst.et.K it.	1,00	1,00	1,00	0,83	0,83	0,43	1,00	0,86	1,00

П – перекриття екологічних амплітуд видів А і В. Д – коефіцієнт Дайса (перекриття зустріваності) видів А і В. Скорочення назв видів: *F. sylvatica* L. - *Fagus sylvatica* L., *A. odorata* L. - *Asperula odorata* L., *C. betulus* L. - *Carpinus betulus* L., *P. tremula* L. - *Populus tremula* L., *R. hirtus* Waldst.et.Kit. - *Rubus hirtus* Waldst.et.Kit., *U. dioica* L. - *Urtica dioica* L., *C. pilosa* Scop. - *Carex pilosa* Scop., *S. holostea* L. - *Stellaria holostea* L., *T. cordata* Mill. - *Tilia cordata* Mill., *S. nigra* L. - *Sambucus nigra* L., *D. filix-mas* (L.) Schott. - *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott.

Таблиця 2
 Інтерпретація характеру зв'язку між видами рослин підліску буково-ялицевого лісу (під наметом едифікатора)

Вид А	Вид В	Д	І							
			Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Rc	Tr	Nt
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Abies alba</i> L.	0,80	e	к	e	e	e	e	e	e
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>R. hirtus</i> Waldst.et.Kit.	0,20	д	д	к	д	д	д	д	д
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>C. betulus</i> L.	0,20	д	д	д	д	д	д	д	д
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>A. odorata</i> L.	0,20	д	д	e	д	д	д	д	д
<i>Abies alba</i>	<i>F. sylvatica</i> L.	0,67	д	e	д	д	д	e	e	д
<i>Abies alba</i>	<i>R. hirtus</i> Waldst.et.Kit.	0,33	д	д	к	д	e	д	д	д
<i>Rubus hirtus</i>	<i>Abies alba</i> L.	0,67	д	к	к	д	e	e	д	e
<i>Rubus hirtus</i>	<i>F. sylvatica</i> L.	0,33	д	д	к	e	д	д	д	д
<i>Rubus hirtus</i>	<i>C. betulus</i> L.	0,33	д	д	e	д	д	д	д	д
<i>Rubus hirtus</i>	<i>A. odorata</i> L.	0,33	д	д	д	д	д	д	д	д
<i>C. betulus</i>	<i>F. sylvatica</i> L.	1,00	e	к	e	e	e	e	e	e
<i>C. betulus</i>	<i>R. hirtus</i> Waldst.et.Kit.	1,00	e	e	к	e	к	e	e	e
<i>Asperula odorata</i>	<i>F. sylvatica</i> L.	1,00	к	д	к	к	e	к	e	e
<i>Asperula odorata</i>	<i>R. hirtus</i> Waldst.et.Kit.	1,00	e	e	e	e	к	e	e	e

І – інтерпретація зв'язку: д – дискомфорт, к – комфорт, е – зв'язок має екологічні причини. Скорочення назв видів аналогічно, вказаним у попередній таблиці

Т.В. Морозова

**«Аспекти
екологічного моніторингу»**

Надруковано державними коштами.
Розповсюджується безкоштовно.

Підписано до друку 08.12.2020 року
Надруковано у повній відповідності
оригінал-макету, наданого автором.

Замовник КП «Київський міський Будинок природи».

Брошура А5 в готовому виді 60*90/16 (145*215),
внутр блок: 80 гр офсет, 382 стр, друк 1+1, + друк 10 сторінок
4+0; обкладинка - 250 гр, друк 4+0, мат ламінація (1+0),
прошита ниткою, термобіндер

Виконавець: ТОВ «Мішутка Арт». Тираж: 500 прим.
Особа відповідальна за випуск: Марценюк Дана
Згідно договору № ВБ-2020-4, від 4 грудня 2020 року

