



Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет біотехнологій
Кафедра екології та біотехнологій у рослинництві

БІОІНДИКАЦІЯ ДОВКІЛЛЯ

Методичні вказівки до виконання роботи за темою:

**«Експрес-оцінка якості середовища за флуктуючою асиметрією
листової пластинки
(на прикладі берези повислої (*Betula pendula*))»**

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної
форм здобуття освіти зі спеціальності 101 Екологія

Харків
2023

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет біотехнологій
Кафедра екології та біотехнологій у рослинництві

БІОІНДИКАЦІЯ ДОВКІЛЛЯ

Методичні вказівки до виконання роботи за темою:

**«Експрес-оцінка якості середовища за флуктуючою асиметрією
листової пластинки
(на прикладі берези повислої (*Betula pendula*))»**

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної
форм здобуття освіти зі спеціальності 101 Екологія

Затверджено рішенням
науково-методичної ради
факультету біотехнологій
Протокол № 3
від 5 червня 2023 р.

Харків
2023

УДК 57.022

Схвалено на засіданні кафедри екології та біотехнологій у рослинництві

Протокол № 11 від 14 червня 2023 р.

Рецензенти:

О.В. Панкова кандидат с.-г. наук, доцент кафедри екології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

В.В. Безпалько, кандидат с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва Державного біотехнологічного університету.

«Експрес-оцінки якості середовища за флюктууючою асиметрією листової пластинки (на прикладі берези повислої (*Betula pendula*))» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навч. спец. 101 Екологія; Держ. біотехнол. ун-т; уклад.: О.С. Чалая. – Харків: [б. в.], 2023.– 22 с.

Видання призначене для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навч. спец. 101 Екологія

УДК 57.022

Відповідальний за випуск: Чалая О.С., кандидат с.-г. наук

© Чалая О.С., 2023

© ДБТУ, 2023

ЕКСПРЕС-ОЦІНКА ЯКОСТІ СЕРЕДОВИЩА ЗА ФЛУКТУЮЧОЮ АСИМЕТРІЄЮ ЛИСТОВОЇ ПЛАСТИНКИ (НА ПРИКЛАДІ БЕРЕЗИ ПОВИСЛОЇ (*BETULA PENDULA*))

Мета роботи: формування у студентів загальних знань, навичок та уявлень про принципи біоіндикації та проведення інтегральної експрес-оцінки якості середовища, у якому перебувають живі організми за флуктуючою асиметрією листової пластинки берези повислої (*Betula pendula*).

Загальні відомості

Сучасний розвиток майже усіх сторін людської життєдіяльності неможливий без всебічного контролю стану навколишнього середовища. Неможливо планувати і реалізовувати розвиток сільського господарства та промисловості без обліку рівня забруднення атмосфери, ґрунтів, природних вод. Тому отримання інформації про стан забруднення природного середовища є досить актуальним. Значною мірою така інформація може бути отримана за допомогою живих організмів: визначених видів рослин, тварин, бактерій, грибів, лишайників.

Живі організми постійно знаходяться у нерозривній єдності з середовищем. Фактори навколишнього середовища забезпечують існування організму, і в той же час, при їх зміні, призводять до змін живих організмів. Таким чином, стан біологічної системи (організм, популяція, біоценоз) у тому чи іншому ступені характеризує вплив на неї природних та антропогенних факторів та умов середовища і може застосовуватися для їх оцінки.

Біоіндикатори (від *bios* та лат. *indico* – вказую, визначаю) – організми, присутність, кількість або особливість розвитку яких служать показниками природних процесів, умов або антропогенних змін середовища існування.

Живі індикатори мають ряд переваг:

1. В умовах хронічних антропогенних навантажень можуть реагувати навіть на відносно слабкі впливи внаслідок кумулятивного ефекту;

2. Сумують вплив всіх без виключень біологічно важливих впливів та відображають стан навколишнього середовища у цілому, включаючи її забруднення та інші антропогенні зміни.

3. Виключають необхідність реєстрації хімічних і фізичних параметрів, що характеризують стан навколишнього середовища.

4. Фіксують швидкість змін, що відбуваються за дії зовнішніх факторів.

5. Вказують шляхи та місця накопичення у екологічних системах різного роду забруднень та отрут.

6. Дозволяють робити висновки про ступінь шкідливості будь-яких синтезуємих людиною речовин для живої природи і для нього самого та дають можливість контролювати їх дії.

7. Надають уяву про тенденції розвитку природного середовища.

Біоіндикація – метод оцінки ступеня забруднення навколишнього середовища за реакцією живих організмів безпосередньо в місці їх існування.

В якості біоіндикаторів можуть бути використані представники усіх «царств» живої природи. Для біоіндикації не придатні організми враженні хворобами, шкідниками та паразитами. Біологічний індикатор повинен задовольняти ряд вимог:

1. Бути типовим для даних умов;
2. Мати високу чисельність у екоотпі, що досліджується;
3. Проживати у даному місці впродовж ряду років, що дає можливість прослідити динаміку забруднень;
4. Знаходитись в умовах, зручних для відбору проб;
5. Характеризуватися позитивною кореляцією між концентрацією забруднюючих речовин у організмі індикаторі та об'єкті дослідження
6. Використовувати природні умови його існування;
7. Мати короткий період онтогенезу, щоб була можливість відслідковувати вплив фактору на наступні покоління.

Реакція біоіндикатора на певне фізичні або хімічні впливи повинна бути чітко виражена, тобто специфічна, легко реєструватися візуально або за допомогою приладів.

До методів біоіндикації також можна віднести виявлення у вивчаємій зоні рідких та зникаючих видів. Вони є по суті тими індикаторними видами, що найбільш чутливі до антропогенного впливу.

Рослини-біоіндикатори.

За допомогою рослин можна проводити біоіндикацію всіх природних середовищ. Рослини-індикатори використовуються для оцінки механічного і кислотного складу ґрунтів, їх родючність, зволоження і засолення, ступеня мінералізації ґрунтових вод, забруднення атмосферного повітря газоподібними сполуками, а також при виявленні трофічних якостей водойм та ступеня їх забруднення поллютантами.

Так, наявність у ґрунті свинцю вказують види **костриць** (лат. *Festuca ovina*) та **мітлиця** (лат. *Agrostis tenuis*), цинку – види **фіалки** (лат. *Viola tricolor*), міді та кобальту – **смілка** (лат. *Silene vulgaris*), більшість **злаків та мохи**.

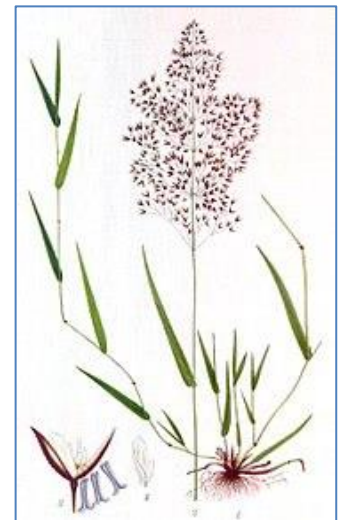
Рис. 1. Костриця
(лат. *Festuca ovina*)



Рис. 2. Мітлиця
(лат. *Agrostis tenuis*)



Рис. 3. Фіалка
(лат. *Viola tricolor*)



Чутливі фітоіндикатори вказують на присутність забруднюючих речовин у повітрі або ґрунті ранніми морфологічними реакціями – зміною кольору листя (поява хлорозу), різними формами некрозу, пошкодженням та в'яненням та осипанням листків. У багаторічних рослин забруднюючі речовини викликають зміни розмірів, форми, кількості органів, напрям росту побігів або зміною плодючості. Зазвичай такі реакції не специфічні.

Існує також різновид рослин-біоіндикаторів – **рослини-акумулятори**. Вони накопичують у своїх тканинах забруднюючі речовини або шкідливі продукти метаболізму, що утворюються за дії забруднюючих речовин, без помітних зовнішніх змін. При підвищенні порогу токсичності отруйних речовин змінюється швидкість росту, тривалість фенологічних фаз і в результаті призводить до зниження продуктивності.

При цьому величину стресового фактору можна розрахувати за розміром втрат продукції, використовуючи графік залежності «доза – ефект».

Біомоніторинг може здійснюватись шляхом спостереження за окремими рослинами-індикаторами, популяцією певного виду та станом фітоценозу в цілому. На рівні виду зазвичай проводять специфічну індикацію якогось одного забруднювача, а на рівні популяції або фітоценозу – загальний стан природного середовища.

Тварини-біоіндикатори

Хребтові тварини також можуть бути добрими індикаторами стану середовища, і це обумовлено такими їх особливостями:

- Завдяки тому, що тварини є консументами, вони знаходяться на різних трофічних рівнях екосистем та акумулюють через харчові ланцюги забруднюючі речовини.

- Мають активний обмін речовин, що сприяє швидкому прояву впливу негативних факторів середовища на організм;

- Мають добре диференційовані тканини та органи, що мають різну здатність до накопичення токсичних речовин та

неоднозначний фізіологічний відклик, і це дозволяє досліднику мати широкий набір тестів на рівні тканин, органів і функцій;

- Чіткі поведінкові реакції до антропогенних змін, дають можливість спостерігати та аналізувати швидкі відклики на зовнішні впливи;

- Тварин з коротким циклом розвитку та багаточисельними нащадками можна використовувати для проведення ряду тривалих спостережень та спостерігати вплив фактору на наступних поколіннях.

Переваги використання тварин в якості індикаторів полягають у фізіологічній близькості до людини, а недоліками є складність виявлення їх у природі, визначення виду, довготривалість морфо-анатомічних спостережень. До того ж експерименти на тваринах витратні та потребують багаторазової повторюваності для отримання достовірних висновків.

Мікроорганізми-біоіндикатори

Мікроорганізми найшвидше реагують на зміни навколишнього середовища. Їх розвиток і активність мають прямий зв'язок з складом органічних і неорганічних речовин у середовищі, у зв'язку із їх здатністю руйнувати сполуки природнього і антропогенного походження. На цьому засновані принципи біоіндикації з використанням мікроорганізмів. Необхідно мати свідчення про склад, кількість та функціональну активність останніх.

Так, для оцінки якості води використовують показник *мікробного числа* – це кількість клітин аеробних сапрофітних організмів у 1 мл води. У чистих водоймах число сапрофітів може вираховуватися десятками і сотнями, а у забруднених та брудних водоймах цей показник досягає сотень тисяч та мільйонів. Окрім мікробного числа використовують данні за видовим складом мікроорганізмів. У полісапробній зоні спостерігається масовий розвиток нитчастих бактерій. У забрудненій фекаліями воді висок колі-індекс, що характеризується наявністю у середовищі ентеробактерій *Escherichia coli* - умовних патогенів та постійних мешканців кишківника людини та тварини.

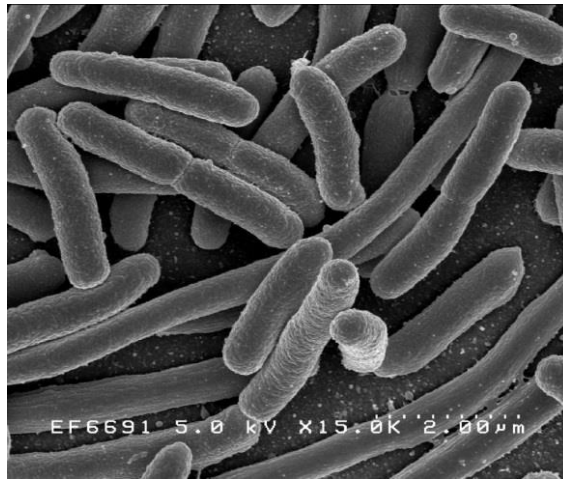


Рис. 4. Ентеробактерія *Escherichia coli*

Флуктуююча асиметрія деревних і трав'янистих форм рослин як тест-система оцінки якості середовища

В даний час збільшується антропогенне навантаження на навколишнє середовище і разом з цим знижується стійкість деревних рослин до абіогенних подразників, що проявляється у анатомо-морфологічній флуктуації вегетативних та генеративних органів рослин. В умовах нормального середовища організм реагує на вплив оточуючих чинників за допомогою фізіологічної системи гомеостатичних механізмів, однак ці механізми під впливом несприятливих чинників можуть бути порушені, що призводить до зміни розвитку організму.

Більшість видів рослин протягом свого життя прив'язані до одного місця проживання, тому вони більш схильні до дії повітряних і ґрунтових середовищ. При формуванні листової пластини, відбувається процес накопичення токсичних речовин, наслідком якого є деформація листа і гальмування ростових процесів. Нестабільність розвитку організму, що проявляється при впливі антропогенних факторів можна оцінити через морфологічні зміни організму, а саме, зменшення площі листової пластини, поява флуктуючої асиметрії листа.

Флуктуючою асиметрією (ФА) називають невеликі ненаправлені відхилення від двосторонньої симетрії у організмів.

Показники флуктуючої асиметрії застосовуються для оцінки стабільності індивідуального розвитку (онтогенезу) живих організмів і для оцінки якості середовища. Вони виступають «головними характеристиками змін гомеостазу (розвитку) з морфологічної точки зору».

Відсутність абсолютно симетричних організмів є наслідком недосконалості механізмів, контролюючих онтогенез, що проявляється у їх нездатності протистояти негативному впливу факторів зовнішнього середовища.

Існує залежність стану гомеостазу живої системи (рослини) від інтенсивності дії факторів навколишнього середовища, яку довели багато вчених в ході досліджень. Так для оцінки стану гомеостазу берези використовують морфогенетичні (флуктуюча асиметрія) і біохімічні показники (зміст фотосинтетичних пігментів), які неспецифічно змінюються при дії будь-яких стрес-факторів середовища, в тому числі і антропогенних.

Однією з гострих проблем у великих містах є забруднення ґрунту важкими металами, які значно впливають на здоров'я всіх живих об'єктів, включаючи рослини. Важкі метали в великій кількості містяться в вихлопних газах автотранспорту, і тому вони накопичуються в ґрунті вздовж автострад.

При впливі важких металів проявляються негативні зміни у рослин: порушення ростових процесів і ділення клітин, зниження інтенсивності фотосинтезу і пошкодження асиміляційного апарату рослин.

Показник ФА вказує на наявність в середовищі існування живих організмів негативного фактору. Це можуть бути абіотичні, біотичні, антропогенні фактори. Показник ФА реагує підвищенням на зміну фактору і стабілізується при адаптації до цих умов. Отже, на підставі періодичного визначення рівня асиметрії можна простежити зміну середовища проживання організму.

Методом флуктуючої асиметрії можна проводити оцінку не тільки наземно-повітряного середовища, а й водного. Для цього використовують водні та навколводні великі вищі судинні

рослини. Листя у них формуються кожен рік, що дозволяє проводити щорічний моніторинг; багато видів мають масове поширення і чітко виражені ознаки, за якими можливо проводити дослідження. Оцінка повітряного середовища, або інтегральна оцінка якості середовища проживання живих організмів, проводиться за станом вищих деревних і трав'янистих форм рослин.

Найбільш зручними для цілей біоіндикації є наступні види рослин:

- **трав'янисті** - снить звичайна (*Aegopodium podagraria*), мати-й-мачуха звичайна (*Tussilago farfara*);

- **деревні** - тополя бальзамічний (*Populus balsamifera*); клен гостролистий (*Acer platanoides*) і ясенелистий (*A. negundo*); береза бородавчаста (*Betula pendula*);

- **водні** - рдест пронзеннолистний (*Potamogeton perfoliatus*); рдест блискучий (*P. lusens*); рдест плаваючий (*P. natans*).

Всі перераховані рослини мають чітко виражену двосторонню симетрію, що є головною вимогою методу.

Крім зазначених рослин часто для біомоніторингу стабільності розвитку використовують: подорожник великий (*Plantago major*) як найбільш пластичний вид трав'янистих рослин; манжетку звичайну (*Alchemilla vulgaris*) і конюшину гібридну (*Trifolium hybridum*) і повзучу (*T. repens*) як лугові види; ячмінь (*Hordeum sp.*), овес (*Avena sp.*) і пшеницю (*Triticum sp.*) як сільськогосподарські культури для оцінки стану агроценозів.

При оцінці якості повітря методом флуктуючої асиметрії дуже часто об'єктом біоіндикації виступає береза повисла (*Betula pendula roth.*). Листова пластинка дерева має специфічну форму з чіткою білатеральною симетрією, що є зручним для проведення подібних досліджень. Ця деревна рослина легко визначається і значно поширена на території України.

Методика проведення роботи.

Принцип методу заснований на виявленні порушень симетрії розвитку листової пластинки деревних і трав'янистих форм рослин під впливом антропогенних факторів.

Збір матеріалу. Для збору матеріалу в польових умовах необхідні: олівець, блокнот, компас, лінійка, атласи-визначники вищих рослин; пакети для збору листків.

Вибірку листків деревних рослин необхідно робити з декількох близько зростаючих дерев на площі 10×10 м або на алеї довжиною 30-40 м, у виняткових випадках з 2-3 рослин. Усього треба зібрати не менше 25-ти листків середнього розміру з одного виду рослини. Листки збирають з нижньої частини крони, на рівні піднятої руки, з максимальної кількості доступних гілок, спрямованих умовно на північ, захід, схід і південь (відповідно до методики Захарова В. М.) (рис. 5).

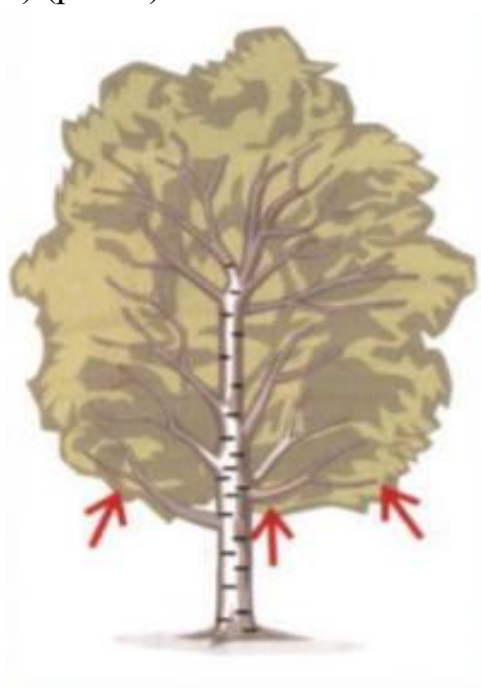


Рис. 5. Збір матеріалу

При зборі матеріалу для біоіндикаційних досліджень враховують наступні правила:

1. При виборі дерев враховується чіткість визначення приналежності рослини до досліджуваного виду. За даними деяких авторів береза повисла здатна схрещуватися з іншими видами та утворювати міжвидові гібриди, які мають ознаки обох видів.

2. Листя збираються з рослин, що перебувають в подібних екологічних умовах.

3. При зборі матеріалу враховують віковий стан дерев. Для

дослідження вибираються дерева, що досягли генеративного вікового стану (середньовікові рослини), уникаючи молодих та старих екземплярів.

4. Збір матеріалу проводять після зупинки інтенсивного росту листя до періоду його опадання (у середній смузі це приблизно період з кінця травня до кінця серпня).

Обробка матеріалу. Обробку матеріалу зручно проводити в лабораторії. Весь зібраний матеріал повинен бути позначений точною інформацією про місця збору, наявністю поблизу можливого забруднення (інтенсивність руху транспорту), час збору. Обробка полягає у вимірі довжини жилок на листках праворуч і ліворуч. З одного листка в більшості випадків знімають показники по п'ятих параметрах, однак кількість параметрів може змінюватись в залежності від виду рослини (рис. 6). Дані вимірів заносять у таблицю (табл. 1).

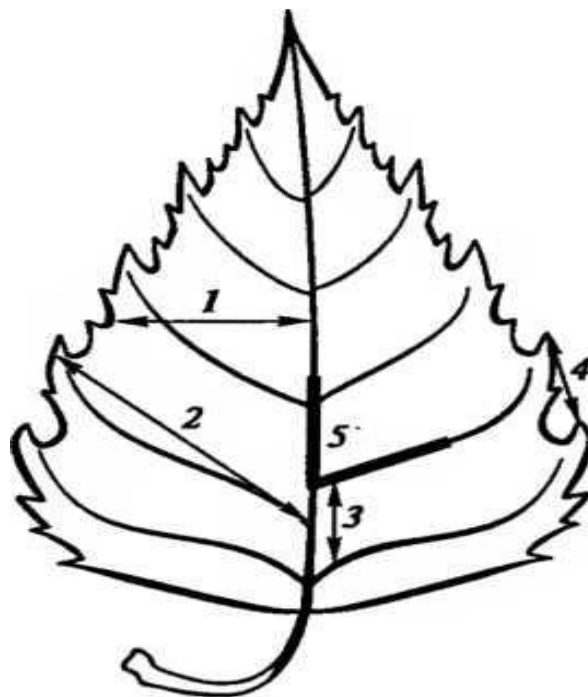


Рис. 6. Параметри промірів листків берези повислої:

- 1 – ширина половини листка;
- 2 – довжина другої жилки від основи листка;
- 3 – відстань між основами 1-ї та 2-ї жилок;
- 4 – відстань між кінцями цих жилок;
- 5 – кут між головною жилкою й 2-ю від основи листка.

Для різних видів рослин кількість параметрів може варіювати, що обумовлено їх морфологічними особливостями. На листках одних рослин може визначатися довжина першої жилки від основи листа, для інших другої або середньої (рис. 7).

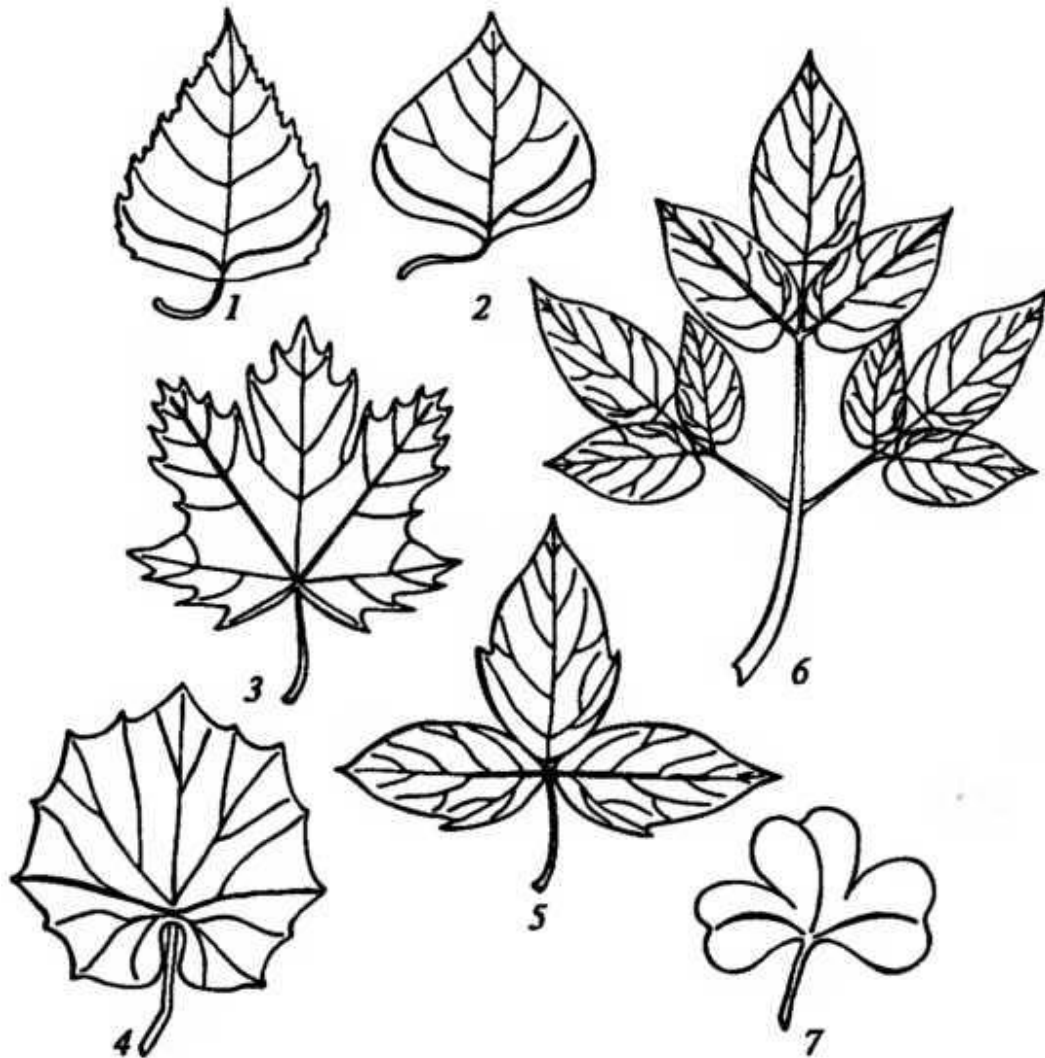


Рис. 6. Вимірювання довжини жилок на листках трав'янистих і деревних порід

- 1 - берези, вимірюється першими жилка від основи листа;
- 2 - тополі, перший жилка від основи листа;
- 3 - гостролистого клена, середня жилка бічних пластин праворуч і ліворуч;
- 4 - мати-й-мачухи, другий жилка від основи черешка;
- 5 - клена американського, перший жилка від основи черешка;
- 6 - сниті, перший жилка від основи черешка;
- 7 - конюшини повзучого, перший жилка від основи паростка.

Жилки вимірюються лінійкою з точністю до 1 мм. Інтерес представляють не розміри жилок, а різниця їх довжини справа і зліва.

Окремо фіксують «вигнутість» верхівки листка (рис. 7).



Рис. 7. Приклад «вигнутість» верхівки листка:

1 – не вигнута; 2 – вигнута вліво; 3 – вигнута вправо; 4 – «ластівчин хвіст»

Обробка та оформлення результатів дослідження

Для мірних ознак величина асиметрії у рослин розраховується як різниця у промірах зліва та справа, віднесене до суми промірів на двох боках. Інтегральним показником стабільності розвитку для комплексу мірних ознак є середня величина відносної відміни між сторонами на ознаку. Цей показник розраховується як середнє арифметичне суми відносної величини асиметрії по всіх ознаках у кожній особини, відносно до числа ознак, що вимірюється. У таблиці 1 та 2 наведено на прикладі берези розрахунок середньої відносної величини асиметрії на ознаку для 5 промірів листа у 10 рослин.

Спочатку для кожного вимірюючого листа вираховуються відносні величини асиметрії для кожної ознаки. Для цього модуль різниці між промірами зліва (L) та справа (R) ділять на суму цих же промірів:

$$|L-R|/|L+R|,$$

Наприклад: Лист №1 (таблиця 1), ознака 1

$$|L-R|/|L+R| = |18-20|/|18+20| = 2/38 = 0,052$$

Отримані величини заносять у допоміжну таблицю 2 у стовпчики 2 – 6.

Потім вираховують показник асиметрії для кожного листа. Для цього сумують значення відносних величин асиметрії по кожній ознаці та ділять на число ознак.

Наприклад, для листа 1 (см. табл. 2):

$$(0,052+0,015+0+0+0,042)/5=0,022$$

Результати розрахунків заносять у стовпчик № 6 допоміжної таблиці.

Таблиця 1. Приклад таблиці для обробки даних по оцінці стабільності розвитку з використанням мірних ознак (проміри листа)

Номер ознаки*										
N	1		2		3		4		5	
	зліва	справа	зліва	справа	зліва	справа	зліва	справа	зліва	справа
1	18	20	32	33	4	4	12	12	46	50
2	20	19	33	33	3	3	14	13	50	49
3	18	18	31	31	2	3	12	11	50	46
4	18	19	30	32	2	3	10	11	49	49
5	20	20	30	33	6	3	13	14	46	53
6	12	14	22	22	4	4	11	9	39	39
7	14	12	26	25	3	3	11	11	34	40
8	13	14	25	23	3	3	10	8	39	42
9	12	14	24	25	5	5	9	9	40	32
10	14	14	25	25	4	4	9	8	32	32

На останньому етапі розраховується інтегральний показник стабільності розвитку – величина середньої відносної різниці між сторонами на ознаку. Для цього вираховують середню арифметичну всіх величин асиметрії для кожного листка (значень графі 6). Отримане значення округлюється до третього знаку після коми. У нашому випадку ця величина дорівнює:

$$(0,022+0,015+0,057+0,061+0,098+0,035+0,036+0,045+0,042+0,012)/10=0,042.$$

Таблиця 2. Приклад допоміжної таблиці для розрахунку інтегрального показника флюктуючої асиметрії у виборці (приклад заповнення таблиці).

N	Номер ознаки					Величина асиметрії листа
	1	2	3	4	5	
1	0,052	0,015	0	0	0,042	0,022
2	0,026	0	0	0,037	0,010	0,015
3	0	0	0,2	0,044	0,042	0,057
4	0,027	0,032	0,2	0,048	0	0,061
5	0	0,048	0,33	0,037	0,071	0,098
6	0,077	0	0	0,1	0	0,035
7	0,077	0,019	0	0	0,081	0,036
8	0,037	0,042	0	0,111	0,037	0,045
9	0,077	0,020	0	0	0,111	0,042
10	0	0	0	0,059	0	0,012
Величина асиметрії у виборці:						X=0,042

Показник асиметрії вказує на наявність в середовищі існування живих організмів негативного фактору. Це може бути хімічне забруднення, зміна температури, проживання біологічного об'єкта на краю ареалу та ін. Таким чином, на підставі періодичного обчислення показника можна простежити зміни умов проживання об'єкта.

Статистична значимість відмінностей між вибірками за величиною інтегрального показника стабільності розвитку (величина середньої відносної відмінності між сторонами на ознаку) визначається по t - критерію Стьюдента.

Для оцінки ступеня виявлених відхилень від норми, їх місця в загальному діапазоні можливих змін показника розроблена бальна шкала. Діапазон значень інтегрального показника асиметрії, відповідний умовно нормальному фоновому стану, приймається як перший бал (умовна норма). Він відповідає даним, отриманим в природних популяціях при відсутності видимих несприятливих

впливів (наприклад, на територія, що підлягають особливій охороні).

У зв'язку з цим треба мати на увазі, що на практиці при оцінці якості середовища в регіоні з підвищеним антропогенним навантаженням фоновий рівень порушень у вибірці рослин або тварин навіть з точки умовного контролю не завжди знаходиться в діапазоні значень, що відповідають першому балу.

Діапазон значень, що відповідає критичному стану, приймається за п'ятий бал. Він відповідає тим популяціям, де є явний несприятливий вплив і такі зміни стану організму, які призводять організм до загибелі. Весь діапазон між цими граничними рівнями ранжирується в порядку зростання значень показника. Така бальна система оцінок за величиною інтегральних показників стабільності розвитку для берези наводиться нижче (табл.3).

Таблиця 3. П'ятибальна шкала оцінки відхилень стану організму від умовної норми за величиною інтегрального показника стабільності розвитку для берези повислої (*Betula pendula*).

Бал	Величина показника стабільності розвитку	Якість середовища
I	<0,040	Умовно нормальне
II	0,040 - 0,044	Початково (незначні) відхилення від норми
III	0,045 - 0,049	Середній рівень відхилення від норми
IV	0,050 - 0,054	Істотні (значні) відхилення від норми
V	>0,054	Критичний стан

Якісні ознаки розраховують за відсотком суми асиметричних листків:

$$M_A = \frac{n_a}{n_a + n_c},$$

де n_a – кількість асиметричних осіб
 n_c – кількість симетричних листків

Показник асиметрії вказує на наявність в середовищі існування живих організмів негативного фактору. Це може бути хімічне забруднення, зміна температури, проживання біологічного об'єкта на краю ареалу та ін. Таким чином, на підставі періодичного обчислення показника можна простежити зміни умов проживання об'єкта.

Завдання до виконання

1. Зробити експрес-оцінку забрудненості навколишнього середовища методом флюктууючої асиметрії листків берези повислої за даними наведеними у додатку.

2. Для виконання польових досліджень за даною методикою, студенти поділяються на групи. Кожна група проводить збір листя рослин з установленної викладачем ділянки, що характеризується певним типом антропогенного навантаження.

Отримані в обох завданнях дані заносимо у таблицю:

Розрахунок інтегрального показника флюктууючої асиметрії у виборці

	Номер ознаки					Величина асиметрії листа
N	1	2	3	4	5	
1						

10						
Величина асиметрії у виборці:						X=

Контрольні питання

1. *Сутність біоіндикації, її переваги*
2. *Види-біоіндикатори.*
3. *Вимоги до біологічних індикаторів.*
4. *Принципи інтегральної експрес-оцінки якості середовища за флюктууючою асиметрією листової пластинки рослин.*

Список літератури

1. Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф. Біоіндикація та біотестування: навчальний посібник. – Кременчук: Видавництво ПП Щенбатих О. В., 2016. 76 с.
2. Мальцев В.І., Карпова Г.О., Зуб Л.М. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник. – К.: Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України, Недержавна наукова установа Інституту екології (ІНЕКО) Національного екологічного центру України, 2011. – 112 с.

ДОДАТОК

Таблиця 1. Мірні ознаки (проміри листа) з контрольної ділянки

N	Номер ознаки*									
	1		2		3		4		5	
	зліва	справа	зліва	справа	зліва	справа	зліва	справа	зліва	справа
1	19,5	20,1	31,5	32,0	4	4	12,5	12	45,5	47
2	20,1	19,8	32,3	32,5	3	3	14,1	13,8	50	49,7
3	18,2	18,0	32,1	31,8	2	3	12	11,8	50	48,8
4	18,1	18,9	30,5	31,2	3	2	10,5	11	49,2	49
5	20,1	20,5	30,0	30,5	4	3	13,4	14	54,2	53
6	14,2	14,5	23	22,8	4	4	10,2	9,8	39,2	39,1
7	14	13,3	25,8	25,5	3	3	10,7	10,8	39,4	40
8	13,8	14,1	24,8	23,8	3	3	9,5	8,7	40	41
9	12,9	13,2	25,4	25,0	4	4	8,3	8,5	41	39
10	14,1	13,8	24,8	25,0	4	4	8,8	8,0	38	37,5
11	19,6	20,1	31,0	30,5	3	3	12,3	11,8	45,0	46
12	20,0	19,8	32,1	31,7	2	3	14,0	13,4	50,2	49,5
13	18,3	18,0	30,5	30,0	2	3	12,2	12,8	50	49,1
14	18,4	19,0	33,0	32,4	4	4,3	10,5	11,2	49,0	49,0
15	20,5	20,1	30	29,4	3,2	4,0	13,2	14,1	54,2	53,5
16	14,3	14,0	21,5	21,0	2,8	2,5	10,0	9,8	39,2	39,4
17	14,1	13,3	25,5	25,1	3,2	3	10,7	10,8	39,4	40,1
18	13,8	14,1	24,5	24,0	3,5	3	9,5	9,0	40,5	41
19	13,0	13,2	25,0	25,3	4	4	8,3	8,5	41	40
20	14,0	13,7	25,5	25,0	3,8	4	8,8	8,4	38,5	37,5
21	19,5	20,1	32,4	32,0	3,2	3	12,5	12,2	48,5	50
22	20,2	19,8	32,1	32,4	2	3	14,1	13,9	50	49,7
23	18,3	18,0	32,1	32,5	2	3	12	11,8	51	50,8
24	18,0	18,9	32,4	32,7	4	4,3	10,5	1,8	49,2	48,7
25	20,2	20,5	33,0	32,7	3,2	4,0	13,4	14,1	54,2	53,5

Таблиця 2. Мірні ознаки (проміри листа) з дослідної ділянки

Номер ознаки*										
N	1		2		3		4		5	
	зліва	справа	зліва	справа	зліва	справа	зліва	справа	зліва	справа
1	17,5	20	31,4	33	3,5	4,8	12,5	11,0	46,5	50
2	20	18,3	31,5	33,5	3,0	3,5	14,5	13,0	50	48,5
3	17,2	18	28,4	32,0	2,5	3,8	12,0	14,0	50	46,2
4	17,2	19	30	32,7	2,8	3,0	9,7	11,5	49	46,4
5	20	18,7	30	33,9	6,0	3,6	12,0	14,5	46,5	53
6	12,0	14	20,4	22	4,5	6,4	12,4	9,0	37,5	39
7	14	11,5	26	24,2	4,5	3,3	11,5	10,1	34	40,5
8	12,4	14	25	22,4	3,0	4,5	11,8	8,5	39,5	42
9	11,7	14	23,4	25	5,4	5,2	9,0	11,5	40	32,8
10	10,5	14	25	20,4	5,4	4,0	10,8	8,1	32	31,4
11	17,8	20,2	31,0	33,2	3,8	4,9	13,5	12,0	46,4	50
12	20,5	18,5	32,5	33,0	5,0	3,0	14,0	13,2	50	47,2
13	17,3	18,8	28,5	31,0	2,8	4,8	12,5	14,5	50,5	46
14	17,2	19,5	30	33,7	2,8	4,0	9,5	11,5	47,4	49
15	21,2	18,7	32	33,9	6,0	4,6	12,0	14,8	46	53
16	11,0	14	20,4	23,2	3,5	6,4	12,4	10,0	43,2	39
17	13,7	11,5	26	23,2	5,5	3,3	11,0	10,1	34,5	40
18	12,1	14	24,8	22,4	4,0	4,5	11,8	8,8	38,4	42
19	11,7	14,7	23,4	25,8	5,4	6,8	10,0	11,5	40	32,5
20	10,5	14,5	25,1	20,4	5,4	4,0	10,8	8,4	30,2	33,4
21	17,5	20,5	31,4	34,2	3,5	5,0	12,5	11,2	46	51,4
22	21,4	18,3	31,5	33,5	2,0	3,5	14,5	12,5	52,5	49
23	17,2	18,5	29,4	32,0	2,8	3,8	12,2	14,0	49,4	46
24	17,2	19,8	29,4	32,7	2,5	3,0	9,7	12,5	49	49,5
25	12,0	15,2	23,5	26,0	5,5	6,8	10,0	11,8	40,4	32,5