



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:

«ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ ЗА ЗМІНАМИ ВИДОВОГО БІОРІЗНОМАНІТТЯ ҐРУНТОВИХ БЕЗХРЕБЕТНИХ ТВАРИН»

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:

**«Оцінка екологічного стану ґрунтів за змінами видового
біорізноманіття ґрунтових безхребетних тварин»**

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.

«Оцінка екологічного стану ґрунтів за змінами видового біорізноманіття ґрунтових безхребетних тварин» 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.– 15 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

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ ЗА ЗМІНАМИ ВИДОВОГО БІОРІЗНОМАНІТТЯ ҐРУНТОВИХ БЕЗХРЕБЕТНИХ ТВАРИН

Мета роботи: навчитися оцінювати екологічний стан ґрунтового покриву на досліджуваній території за зміною видового біорізноманіття безхребетних тварин.

Загальні відомості

Ґрунт є важливим елементом навколишнього середовища, який забезпечує існування та розвиток життя. Ґрунт виконує ряд важливих екологічних функцій, а саме:

- є основною ланкою взаємодії геологічного та біологічного кругообігів речовин;
- є акумулятором залишкових продуктів процесів синтезу та деструкції органічних речовин, в тому числі і специфічної активної речовини – гумусу, який забезпечує родючість ґрунту;
- є середовищем існування великої кількості живих організмів;
- у ньому відбувається перетворення та утилізація відходів життєдіяльності тварин та рослин, а також забруднювачів антропогенного походження.

Крім того, ґрунт виконує специфічну функцію щодо людини, бо є найважливішим природним ресурсом, основою нашого матеріального існування та головним засобом сільськогосподарського виробництва.

Ґрунти постійно відчують негативний антропогенний вплив через інтенсивне землеробство (інтенсивний обробіток ґрунту, використання великої кількості мінеральних добрив, пестицидів, недотримання сівозміни, відсутність лісосмуг та інше), складування відходів, потрапляння забруднювачів у ґрунти із стічними водами та атмосферними викидами. Деградація ґрунтів супроводжується погіршенням їх фізичних, хімічних та біологічних якостей, зменшенням її родючості.

Враховуючі, що ґрунт на 99% відповідає за виробництво продуктів харчування у світі, а також стрімкі темпи деградації, стає очевидним важливість контролю якості ґрунту та впровадження заходів з їх відновлення та оздоровлення.

Жива речовина ґрунту є важливою її складовою та запорукою її здорового стану. Саме вона, що складається з мільярдів ґрунтових бактерій, мікроскопічних грибів та інших живих організмів, створює родючість ґрунту. У ґрунтах високої якості, співтовариство живих організмів утворює великі групи, які об'єднанні довгими, захисними та підтримуючими один одного симбіотичними ланцюгами. Тож чим багатшій та різноманітнішій склад живої речовини у ґрунті тим здоровіші та чистіше вони є.

Для дослідження стану ґрунтового покриву використовуються переважно представники мезо- і макрофауни.

Мезофауна об'єднує різноманітну і численну частину ґрунтового тваринного населення з розмірами, які дозволяють бачити цих тварин неозброєним оком, або під лупою, і збирати вручну. Основну масу мезофауни складають членистоногі: дрібні види комах, багатоніжки-сімфіли, мокриці, павуки, а також дрібні черви енхітреїди. Живуть вони в ґрунтових порожнинах і здатні до вертикальної міграції по пустотах і крупних порах.

Макрофауна представлена в ґрунті дощовими хробаками, багатоніжками і личинками комах. Для них ґрунт виступає у якості щільного середовища, при пересуванні в якому необхідно активно прокладати собі ходи. Ці тварини риють норки, або ж просуваються по природним пустотам, розширюючи їх простір.

Опис методу. Вибірка тварин проводиться за методом ґрунтових розкопок. Розміри обраного пробного майданчику залежать від ступеня зволоженості ґрунту (найчастіше 0,5×0,5 м, в сухих районах до 1 - 2 м²). Чим більше закладено ґрунтових розкопок, тим точніше виявлення видового складу та кількості тварин. Відстань між розкопками 5 - 10 м. Глибина

розкопок складає 30 - 50 см, в сухих місцях на легких ґрунтах – до 100 см і більше. Ґрунт вибирається пошарово.

Розкопки проводять наступним чином: визначають розміри майданчика, забивають по кутах кілочки, натягують між ними мотузку. Потім від кордонів відведених майданчиків прибирають опад та підстилку (якщо проба береться у лісі) або суху землю поверхневого шару. Поруч з майданчиком поміщають клейонку або щільну тканину, на яку кладуть вибраний з розкопки ґрунт. Спочатку з майданчика знімають опад та інші рослинні залишки, які ретельно вручну перебирають, враховуючи всіх знайдених при цьому тварин, а траву вищипують для того, щоб полегшити розбірку ґрунту з верхнього шару. Тварин, знайдених на поверхні ґрунту, враховують окремо від тих, яких вибирають безпосередньо з нього.

Після видалення розібраних рослинних залишків приступають до викопування ґрунту лопатою. Невеликі порції ґрунту, що викидаються на розкладену поруч з майданчиком клейонку, ретельно перетираються руками, розбиваються великі грудки, розривається дерновина. Весь ґрунт з шару, порція за порцією перетирають між долонями, ретельно вибираючи тварин. Тварин збирають окремо з кожної проби і кожного шару.

Видове біорізноманіття – найбільш часто використовуваний показник, що враховує два компоненти – *видове різноманіття* (кількість видів, які спостерігаються в природних умовах проживання на певній площі або об'ємі) і *кількісний розподіл за видами*.

Кількісно видове різноманіття (ВР) характеризують за допомогою індексів. Найбільш широко використовують індекс Сімпсона, при обчисленні якого використовують чисельність організмів i -го виду n_i , знайдених на майданчику біоіндикації, і загальну чисельність всіх видів N .

Методика забезпечує виявлення зон екологічних аномалій на місцевості з імовірною помилкою не більше 20%. Величина похибки гарантується при дотриманні наступних норм біоіндикації:

- кількість майданчиків, що обстежуються – 3-5;

- розмір майданчику біоіндикації ґрунтового покриву не менше 1 м²;
- розміри ґрунтової прикопки: 0,25×0,25 м на глибину зустрічальності безхребетних 20 см.

Індекс Сімпсона розраховується за формулою :

$$D_i = 1 / (P_1^2 + \dots + P_i^2), \quad (1)$$

де D_i – індекс Сімпсона, розрахований для кожного майданчику біоіндикації;

$P_1 \dots P_i$ – частка кожного виду в сумарному біорізноманітті, взятому за одиницю.

P_i - розраховують таким чином:

$$P_i = n_i / N, \quad (2)$$

де n_i – чисельність і-го виду на майданчику біоіндикації;

N – загальна чисельність всіх видів на майданчику біоіндикації.

Відносний показник видового біорізноманіття на майданчику біоіндикації досліджуваної території розраховують за формулою:

$$D_i = D_i / D_{\text{контр}} \times 100 \quad (3)$$

Для проведення оцінки необов'язково використовувати дані по всій фауні, можна обмежитися аналізом характерних груп видів, за якими отримана надійна інформація.

Шляхом порівняння отриманих значень відносного показника видового біорізноманіття з встановленими критеріями (табл. 1), отримуємо оціночний показник екологічної обстановки на досліджуваній території.

Таблиця 1 – Критерії оцінки екологічного стану ґрунтового покриву

Показник	Параметр		
	Екологічне лихо	Надзвичайна екологічна ситуація	Відносно задовільна ситуація
Відносні зміни видового біорізноманіття, D_i	менше 25	25-50	більше 50

Приклад розрахунку.

Результати дослідження чисельності та видового складу безхребетних тварин на досліджуваних територіях приведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Чисельність і видовий склад ґрунтових безхребетних тварин на досліджуваній та «умовно чистій» (контрольній) території

Номер прикопки	Дошові черв'яки		Молюски (слимаки, равлики)		Багатоніжки (геофіли)		Павукоподібні		Рівноногі (мокриці)		Комахи	
	К	Д	К	Д	К	Д	К	Д	К	Д	К	Д
1	9	9	4	3	5	2	5	1	4	5	5	4
2	10	8	5	2	4	2	4	1	5	3	4	1
3	8	8	3	3	4	0	6	0	7	1	6	2

Примітка: К – контроль; Д – дослід.

Використовуючи данні таблиці 2, розрахуємо показник зміни видового біорізноманіття (індекс Сімпсона) для контрольної та дослідної територій.

Майданчик № 1.

Розраховуємо частку кожного виду у сумарній кількості тварин на майданчику за формулою 2.

Кількість дощових черв'яків на майданчику біоіндикації – 9. Загальна кількість усіх тварин на майданчику біоіндикації контрольної території – 32. Звідси $P_1=9/32=0,28$.

Для дослідної ділянки відповідно - кількість дощових черв'яків – 9. Загальна кількість усіх тварин на майданчику біоіндикації контрольної території – 24. Тому P_2 для дослідної ділянки $9/24 = 0,37$

Кількість молюсків на майданчику (К) – 4, звідси $P_2=4/32=0,126$ та (Д) - $3/24 = 0,12$

Кількість багатоніжок на майданчику (К) – 5, звідси $P_3=5/32=0,156$.

(Д) - $2/24 = 0,083$

Кількість павукоподібних на майданчику (К) – 5, звідси $P_4=5/32=0,156$.

(Д) - $1/24=0,04$

Кількість мокриць на майданчику (К) – 4, звідси $P_5=4/32=0,126$.

(Д) - $5/24 = 0,21$

Кількість комах на майданчику біоіндикації (К) – 5, звідси $P_6=5/32=0,156$.

(Д) - $4/24=0,16$

Підставляємо знайдені значення у формулу 1:

Для контрольної ділянки:

$$D_k=1/(0,28^2+0,126^2+0,156^2+0,156^2+0,126^2+0,156^2)=5,45.$$

та для дослідної:

$$D_d=1/(0,37^2+0,12^2+0,083^2+0,04^2+0,21^2+0,16^2)=0,14+0,014+0,0069+0,006+0,044+0,024 = 1/0,23 = 4,35$$

Майданчик № 2

Розраховуємо частку кожного виду у сумарній кількості тварин на майданчику № 2 за формулою 2.

Кількість дощових черв'яків на майданчику біоіндикації – 10. Загальна кількість усіх тварин на майданчику біоіндикації контрольної території (К) – 32. Звідси $P_1=10/32=0,31$.

Для дослідної ділянки (Д) відповідно - кількість дощових черв'яків – 8. Загальна кількість усіх тварин на майданчику біоіндикації контрольної території – 17. Тому P_2 для дослідної ділянки $8/17 = 0,47$

Кількість молюсків на майданчику (К) – 5, звідси $P_1 = 5/32 = 0,16$ та (Д) - $2/17 = 0,12$

Кількість багатоніжок на майданчику (К) – 4, звідси $P_3 = 4/32 = 0,125$.

(Д) - $2/17 = 0,12$

Кількість павукоподібних на майданчику (К) – 4, звідси $P_1 = 4/32 = 0,125$.

(Д) - $1/17 = 0,06$

Кількість мокриць на майданчику (К) – 5, звідси $P_5 = 5/32 = 0,16$.

(Д) - $3/17 = 0,17$

Кількість комах на майданчику біоіндикації (К) – 4, звідси $P_6 = 4/32 = 0,125$.

(Д) - $1/17 = 0,06$

Підставляємо знайдені значення у формулу 1.

Для **контрольної ділянки**:

$$D_k = \frac{1}{(0,31^2 + 0,16^2 + 0,125^2 + 0,125^2 + 0,16^2 + 0,125^2)} = \frac{1}{(0,096 + 0,026 + 0,016 + 0,016 + 0,026 + 0,016)} = 1/0,196 = 5,1$$

та для **дослідної**:

$$D_d = \frac{1}{(0,47^2 + 0,12^2 + 0,12^2 + 0,04^2 + 0,17^2 + 0,125^2)} = \frac{1}{(0,22 + 0,014 + 0,014 + 0,0016 + 0,029 + 0,016)} = 1/0,29 = 3,45$$

Майданчик № 3

Розраховуємо частку кожного виду у сумарній кількості тварин на майданчику № 3 за формулою 2.

Кількість дощових черв'яків на майданчику біоіндикації – 8. Загальна кількість усіх тварин на майданчику біоіндикації контрольної території (К) – 34. Звідси $P_1 = 8/34 = 0,24$.

Для дослідної ділянки (Д) відповідно - кількість дощових черв'яків – 8. Загальна кількість усіх тварин на майданчику біоіндикації контрольної території – 14. Тому P_2 для дослідної ділянки $8/14 = 0,57$

Кількість молюсків на майданчику (К) – 3, звідси $P_1=3/34=0,09$ та (Д) - $3/14 = 0,21$

Кількість багатоніжок на майданчику (К) – 4, звідси $P_3=4/32=0,125$.

(Д) - $2/17 = 0,12$

Кількість павукоподібних на майданчику (К) – 4, звідси $P_1 = 4/34=0,12$.

(Д) - $0/14=0$

Кількість мокриць на майданчику (К) – 7, звідси $P_5 = 7/34=0,21$.

(Д) - $1/14 = 0,07$

Кількість комах на майданчику біоіндикації (К) – 4, звідси $P_6=4/32=0,125$.

(Д) - $1/17=0,06$

Підставляємо знайдені значення у формулу 1.

Для **контрольної ділянки**:

$$D_k = \frac{1}{(0,24^2+0,09^2+0,125^2+0,12^2+0,21^2+0,125^2)} = \frac{1}{(0,057+0,0081+0,016+0,014+0,044+0,016)} = 1/0,16 = 6,25$$

та для **дослідної**:

$$D_d = \frac{1}{(0,57^2+0,21^2+0,12^2+0^2+0,07^2+0,06^2)} = \frac{1}{(0,33+0,044+0,014+0+0,0049+0,0036)} = 1/0,40 = 2,5$$

Отримані результати екологічного обстеження контрольної території представлені в табл. 3.

Таблиця 3 – Результати біоіндикації контрольної території

Вид ділянки	Показник зміни видового біорізноманіття (індекс Сімпсона D_0)		
	Номер майданчику біоіндикації		
	1	2	3
Контрольна ділянка	5,45	5,1	6,25
Дослідна ділянка	4,35	3,45	2,5

Далі аналогічним чином розраховується відносний показник зміни видового біорізноманіття для досліджуваної території. Відносний показник

зміни видового біорізноманіття по кожному майданчику біоіндикації розраховується за формулою 3:

$$D_1 = (4,35/5,45) \times 100 = 79,8\%$$

$$D_2 = (3,45/5,1) \times 100 = 67,6\%$$

$$D_3 = (2,5/6,25) \times 100 = 40,0\%$$

Отримане значення показника видового біорізноманіття згідно наведених у таблиці 1 критеріїв, свідчить про «*відносно задовільну ситуацію*» по відношенню до якості досліджених ґрунтів по 1 та 2 майданчику та про «*надзвичайно екологічну ситуацію*» по 3 майданчику. За результатами розрахунку проводиться оцінка екологічного стану ґрунтового покриву на досліджуваній території. Отримані значення заносяться в табл. 4.

Таблиця 4 – Результати оцінки екологічного стану ґрунтового покриву за видовим біорізноманіттям

Номер майданчику біоіндикації	1	2	3
Відносний показник зміни видового біорізноманіття D_i	79,8	67,3	40,0
Параметри екологічного стану ґрунту	Відносно задовільна ситуація	Відносно задовільна ситуація	Надзвичайна екологічна ситуація

Висновки. Екологічний стан досліджуваних ґрунтів за показником зміни видового біорізноманіття безхребетних тварин на першій та другій ділянці характеризується як «відносно задовільний». На третій ділянці виявлено «надзвичайний» екологічний стан ґрунтів.

Контрольне завдання

Виконати оцінку екологічного стану ґрунтового покриву за результатами дослідження видового різноманіття. Вихідні дані приведені в додатку 1.

Контрольні запитання

1. В чому полягає екологічна роль ґрунту?
2. В чому полягає значення живої речовини ґрунту?
3. Яких тварин відносять до мезофауни?
4. Яких тварин відносять до макрофауни?
5. Що розуміється під видовим біорізноманіттям?
6. Як проводиться вибірка безхребетних тварин для оцінки стану ґрунтового покриву за видовим біорізноманіттям?
7. Основні положення методики оцінки стану ґрунтового покриву за видовим біорізноманіттям.
8. Принцип обробки експериментальних даних.

Список використаної 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. Притула Н.М. Біоіндикація: навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», Запоріжжя: ЗНУ, 2020. 141 с.
3. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. М.: Наука, 1990. 270 с.
4. ФАО. 2021. Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Системы на пределе. Сводный доклад 2021. 78 с.
5. Петровський С. Від чого залежить родючість ґрунту? / Аграрник, 2018 № 18 с. 18 - 19

ДОДАТОК 1

Варіант	№ розкопок	Дощові черв'яки		Молюски, слимаки, равлики		Багатоніжки, геофіли		Павукоподібні		Рівноногі, мокриці		Комахи	
		К	Д	К	Д	К	Д	К	Д	К	Д	К	Д
1	1	5	1	8	3	8	2	5	7	6	1	8	2
	2	1	5	2	7	1	7	3	6	2	3	1	4
	3	4	0	4	1	2	9	3	0	3	4	1	2
2	1	5	1	0	3	8	2	5	7	5	1	7	2
	2	1	2	2	0	4	7	3	5	6	3	8	4
	3	4	0	4	0	2	9	3	1	4	3	2	2
3	1	5	1	0	3	3	2	2	0	6	1	5	2
	2	2	2	4	1	5	7	3	6	6	0	8	3
	3	10	0	8	2	7	9	5	0	6	1	8	2
4	1	5	1	0	3	4	2	2	1	5	1	4	0
	2	3	2	4	1	5	5	3	6	4	0	8	2
	3	11	0	9	2	7	9	7	0	6	1	8	1
5	1	8	1	0	3	4	1	2	1	3	0	5	1
	2	7	2	4	0	8	5	3	5	4	0	4	1
	3	10	0	8	1	7	10	5	0	6	1	9	0
6	1	8	1	7	2	6	1	1	4	2	3	5	1
	2	7	1	5	2	8	9	5	5	4	0	4	1
	3	9	0	7	1	7	10	5	0	5	1	8	0
7	1	5	1	6	2	4	2	2	4	2	1	5	3
	2	6	1	4	2	8	8	5	3	4	1	6	2
	3	8	0	7	1	6	9	6	0	6	1	7	0
8	1	5	2	6	2	1	2	2	4	2	7	5	0
	2	6	1	5	2	4	8	5	3	6	1	7	1
	3	9	0	5	10	5	0	6	1	6	1	8	0
9	1	5	2	3	2	1	3	2	5	2	7	5	1
	2	6	1	5	1	4	7	5	1	7	1	5	1
	3	7	0	5	11	5	0	5	1	6	1	8	0
10	1	5	1	3	2	0	3	3	5	1	8	6	1
	2	6	1	4	1	4	7	5	1	7	1	4	1
	3	5	0	5	12	5	0	5	0	5	1	6	1
11	1	5	1	3	2	3	3	2	6	1	7	0	1
	2	4	1	4	2	4	7	5	1	6	0	4	2
	3	3	0	5	11	6	0	4	1	5	1	7	0
12	1	2	1	3	5	3	4	2	5	1	6	2	1
	2	5	1	4	2	6	7	4	1	4	0	4	2
	3	4	0	6	10	6	0	6	1	5	1	7	0
13	1	9	1	2	5	2	7	2	4	5	2	6	1
	2	6	1	4	2	5	7	4	1	3	0	4	2
	3	3	0	6	10	5	0	5	1	4	0	6	1

Примітка: К-контроль, Д - дослід