

## БІОІНДИКАЦІЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ: СТАН, ПЕРСПЕКТИВИ

*В роботі зроблено огляд розвитку і сучасного стану біоіндикації, наведено перспективи її використання у сільському господарстві.*

Головним завданням, що стоїть перед агропромисловим комплексом України, є задоволення потреб населення в екологічно чистих продуктах харчування. Вирішення цієї актуальної і невідкладної соціальної задачі залежить від успіхів всіх галузей науки і народного господарства і можливе тільки на основі охорони, раціонального та комплексного використання природних ресурсів.

Теоретичною основою охорони природи і раціонального використання її ресурсів є екологія — наука, що вивчає умови існування живих організмів і взаємозв'язки між організмами та зовнішнім середовищем.

Одним з найважливіших наукових напрямків прикладних досліджень в екології є біологічна індикація або біоіндикація (від грец. "bios" — "життя" і лат. "indico" — "визначати"). Біоіндикація займається визначенням наявності та кількості організмів, які можуть служити показниками природних процесів у біоценозах або процесів, що проходять під впливом антропогенних факторів.

Г. Штекер розглядає біоіндикацію як метод моніторингу довколишнього середовища, що є достатньо чутливим показником антропогенних чи модифікованих антропогенних впливів на довкілля за допомогою вивчення зміни величин (ознак) біологічних об'єктів, систем по відношенню до умов, які визначаються.

Р. Шуберт визначає біоіндикацію як метод оцінки абіотичних та біотичних факторів місцезростає за допомогою біологічних систем.

Методи біоіндикації базуються переважно на 2-х принципах: реєстрації знахідок характерних (показових або репрезентативних) організмів та аналізі видової структури біоценозів. Іноді стан екосистеми оцінюється за функціональними характеристиками (розміром первинної продукції,

інтенсивністю деструкції і деякими іншими показниками).

Таким чином, концепція біоіндикації базується на адекватному відбитті живим організмом умов середовища, в яких він розвивається і на зміну яких відповідним чином реагує.

Біоіндикація тісно пов'язана із суспільним життям людини і має свою історію, в якій можна виділити такі етапи:

1. Накопичення знань методом спостереження (часто безсистемного) про взаємозв'язки між подіями і явищами природи;

2. Спроби знайти обґрунтування цих взаємозв'язків, але в природних умовах;

3. Вивчення і розробка методів біоіндикації в умовах навколишнього середовища, що підлягає постійній дії антропогенних факторів, з метою одержання науково обґрунтованої комплексної інформації про взаємозв'язки в біогеоценозі. Наприклад, як пов'язані між собою зміни природи ґрунту з фізіологічними змінами в живому організмі спочатку рослини, а потім тварини і людини.

Засновником індикаційного підходу називають американського ботаніка Ф. Клементса, який у 1920 році у праці "Рослинні сукцесії та індикатори" відмічав, що кожна рослина, або рослинне угруповання є найкращою мірою умов, у яких росте. Однак, ще в кінці минулого століття В. В. Докучаєв вважав, що всі елементи природи взаємопов'язані між собою і що по одному з них можна судити про всіх інших.

Біоіндикація має великі переваги як метод одержання прямої відповіді на питання про зміни стану біоти в конкретних умовах забруднення.

Живі організми, за наявності, станом і поведінкою яких можливо судити про ступінь змін зовнішнього середовища, у тому числі про присутність концепції забруднюючих речовин, ви-

ступують у ролі біоіндикаторів. Так, наприклад, при відхиленнях факторів середовища від оптимальних значень у багатьох організмів спостерігаються випереджаюче реагування — реакція уникнення несприятливих впливів і реакції оптимізаційного пошуку, тобто реалізується потяг повернутися в нейтральні чи оптимальні умови. Організм реагує не тільки на розмір відхилення, але і на швидкість і прискорення, тобто на темп зростання небезпеки. Ці реакції вельми різноманітні: рухи органів рослин — тропізми; цілеспрямоване пересування в середовищі вільних клітин і тварин — таксиси.

При виборі біоіндикатора слід мати на увазі те, що стеноойкні (з вузькою екологічною пластичністю) види надійніші, ніж евріойкні (з широкою екологічною пластичністю); багаторічні кращі, ніж однорічні; великі організми кращі, ніж маленькі; біоценози з домінуванням таких видів досить надійні. Вірогідність зв'язку біоценозу з певним фактором середовища виражається у відсотках випадків спряжень — угруповання не є біоіндикатором; від 61 до 72 % — сумнівний біоіндикатор; від 76 до 90 % — задовільний біоіндикатор; від 91 до 99 % — надійний біоіндикатор; 100% — абсолютний біоіндикатор. Визначальними факторами вибору біоіндикатора є — мета дослідження, його концептуальна основа, методична і лабораторна забезпеченість, час, специфіка техногенного впливу, природні умови.

Для біоіндикаторів притаманний механізм саморегуляції, і щоб вплив відбився в їхній "пам'яті", він повинен перевищити деякий пороговий рівень, різний для кожного біоіндикатора.

Біоіндикатори порушення біогеосистем, що мають низький пороговий рівень стійкості, є індикаторами ранніх стадій порушення. Разом з високою чутливістю вони повинні мати відносно малу швидкість відновлення.

Останнім часом важливою галуззю застосування біоіндикації є оцінка забрудненості зовнішнього середовища під впливом людини, постійний контроль (моніторинг) його якості, бо живі індикатори мають суттєві переваги. Вони усувають застосування дорогих і трудомістких фізико-хімічних методів для визначення ступеня забруднення середовища; вони підсумовують всі без винятку біологічно важливі дані про забруднення; вказують швидкість змін, що відбуваються; шляхи і місця накопичень в екосистемах різного роду токсикантів; дозволяють судити про ступінь шкідливості тих чи інших речовин для живої природи і людини.

Для удосконалення захисту зовнішнього середовища і **оброблення** біоіндикаційного **сигналу** у моніторингу стану природних об'єктів на

XXI загальній асамблеї Міжнародного союзу біологічних наук (Оттава, 1982 р.) була відпрацьована програма "Біоіндикатори". Основні напрямки діяльності (об'єкти, цілі, організація, методи) сформульовані академіком АН ВНР Н. Шаланкі — одним із творців програми. Основні напрямки програми: стандартизація методів дослідження, задоволення регіональних і національних проблем; створення мережі спеціалістів з біоіндикації; розширення біоіндикаційних досліджень у моніторингу навколишнього середовища. Крім того, проводяться також міжнародні симпозиуми з біоіндикації антропогенних забруднень (Індія, 1984; Канада, 1985; СРСР, 1989 та інші).

Актуальним є використання біоіндикації в сільському господарстві, оскільки вона дозволяє одержувати достовірну, комплексну інформацію про вплив техногенних факторів (а саме штучного зрошування, гербіцидів, пестицидів, різних доз мінеральних добрив, інших агрозаходів) на стан і взаємозв'язки системи "грунт — рослина — тварина — людина".

Сільське господарство виникло приблизно 12 тис. років тому на початку неоліту у вигляді тваринництва, що обумовило краще забезпечення людей тваринною їжею, джерела якої (дикі тварини) в місцях розселення людей катастрофічно виснажувались. Рослинництво виникло спочатку як засіб забезпечувати кормом свійських тварин, і лише згодом його продукти почали служити їжею людям.

Виникнення сільського господарства стало початком нового етапу взаємодії природи і суспільства. Сільське господарство різко зменшило потребу однієї людини в обсягах території. При цьому різко підвищувався вплив суспільства на природу (орання, випалювання лісів, витоптування рослинності свійською худобою тощо). Це і призвело до виникнення раніше не існуючих антропогенних ландшафтів — агроєкосистем.

Засобом та об'єктом сільськогосподарського виробництва є грунт — природне тіло, компонент біогеоценозу, середовище мешкання людини, тварин і рослин.

До перспективних, а головне, поширених індикаторів різних стадій порушення біогеосистем належить надгрунтова і ґрунтова мезо- і мікрофауна. За комплексами ґрунтових тварин можливо визначити типи ґрунтів, їх зміни під впливом людини.

Для ґрунтового середовища однією з найзручніших груп безхребетних тварин є дощові черв'яки. Вони мають постійний, тісний контакт Наприклад, пестициди впливають на черв'яків як крізь зовнішні покρο-

ви, так і зсередини, потрапляючи разом з великою кількістю ґрунту, що ковтається.

Дані про накопичення пестицидів, важких металів і радіонуклідів у тканинах дошових черв'яків часто використовуються з метою біоіндикації.

Орієнтовна оцінка якості ґрунту може бути здійснена за допомогою так званих індикаційних рослин. Так, кропива є біоіндикатором високої концентрації у ґрунті кальцію; багато рослин — галофіти вказують на високий ступінь засолення ґрунту. В колишньому СРСР біологічна індикація ґрунтів, яка базується на відмінностях ґрунтової фауни, запропонована М. С. Гіляровим (1949) і на мікробіологічних показниках — Е. М. Машустіним (1950).

Внаслідок розвитку сільського господарства на науковій основі багато агроєкосистем значно покращились, перевтілившись у квітучі ареали. Разом з тим сільське господарство свідомо чи мимоволі спричинилося до повного знищення понад 100 видів тварин і птахів, які зникли з планети безповоротно. Основна причина збіднення видового складу полягає у знищенні необхідного тваринам і рослинам життєвого простору: лісів, лісостепових і заболочених ділянок, а також мілких річок та озер. Наприклад, внаслідок цього у важкому стані опинились такі типово степові види, як бабак, дрофа, стрепет, які зникли у багатьох частинах ареалу.

Зрошення як шлях до різкого підвищення врожайності в посушливих районах, зокрема, в степовій зоні України, одночасно служить могутнім комплексним фактором, що діє не тільки на ґрунти, але і на природу в цілому. Цей комплексний антропогенний фактор включає взяття води з поверхневих або підземних джерел, вла-

штування зрошувальної мережі (канали, канали і ріллі, поверхневі і підземні трубопроводи), створення водосховищ, систематичне внесення на зрошувані ділянки солей, скиди у водойми надлишкових і дренажних (промивних) вод.

Все це викликає різноманітні за значенням і масштабами зміни у природному комплексі зрошуваної території: обміління і повне зникнення водойм, зниження рівня ґрунтових вод біля підземного водозабору, забруднення поверхневих вод, підвищення вологості ґрунту і навіть заболочування, надмірне накопичення солей у ґрунті, іригаційну ерозію ґрунту, підвищення вологості атмосфери тощо.

Багато тварин степу реагують на антропогенні зміни ландшафту тим, що мігрують з зони, яка освоюється людиною. З іншого боку, значна кількість видів змогла утриматись у нових сільськогосподарських біотопах, розширила за їхній рахунок свій попередній ареал або змогла розмножитись тут у масовій кількості. Те ж саме стосується і рослин: посухостійкі зникають, а вологолюбиві з'являються. Таким чином, поведінка тварин, зміна видового складу біоценозів і кількості організмів у них можуть служити біоіндикаторами ступеня змін у зовнішньому середовищі, що відбуваються під впливом сільськогосподарської діяльності людини.

Отже, тема біоіндикації в сільському господарстві є актуальною і містить у собі елементи невичерпної новизни. Цим і визначається наукова та практична значимість теми наших досліджень, спрямованих на вироблення науково-практичної основи і методів еколого-господарської оцінки агроєкосистем в умовах півдня України.

1. Беккер А. А., Агаєв Т. Б. Охрана и контроль загрязнения природной среды.— Ленинград: Гидрометеониздат, 1989.— 287 с.

2. Біологія: Навч. посібник / А. О. Слюсарев, О. В. Самсонов, В. М. Мухін та ін.; Пер. і ред. В. О. Мотузного.— К.: Вища школа, 1991.— 503 с.

3. Вронский В. А. Прикладная экология: уч. пособие. Ростов н/Д.: Изд-во "Феникс", 1996.— 512 с.

4. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь.— Кишинев: Гл. ред. МСЭ, 1990.— 408 с.

5. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів / АН Укр., Ін-т ботаніки ім. М. Г. Холодного.— К.: Наукова думка, 1994.— 279 с.

6. Дончева А. В., Казаков Л. К., Калущков В. Н. Ландшафтная индикация загрязнения природной среды.— М.: Экология, 1992.— 256 с.

7. Лантев И. П. Сельское хозяйство и охрана природы. М.: Колос, 1982.

8. Мануш С. Г. Сельское хозяйство и охрана фауны.— М.: Агропромиздат, 1990.— 112 с.

9. Пижл В. Значение дождевых червей как биоиндикаторов загрязнения почвы пестицидами (на примере фруктовых садов Южной Чехии) / Экология, № 5, 1989.— С. 86—87.

10. Соколов В. Е., Шаланки Я., Криволицкий Д. А. и др. Международная программа по биоиндикации антропогенного загрязнения природной среды // Экология, 1990. № 2.— С. 90—94.

11. Тишлер В. Сельскохозяйственная экология. Пер. с нем.— М.: 1971.

12. Харченко Н. А., Козлов А. Т. Справочник основных понятий и терминов по экологии и этологии.— Воронеж: Изд-во ВГУ, 1991 — 112 с.

*Khmel'naya O. V.*

**BIOINDICATION IN THE AGRICULTURE:  
CONDITION, PROSPECTIVES**

The review of the contemporary bioindication is given in the article; the prospects of its use in agriculture are shown.