**ТЕМА 5. МОНІТОРИНГ СТАНУ АГРОЛАНДШАФТІВ**

**Мета:** розглянути як здійснюється моніторинг стану органічної речовини в ґрунті, оцінка його параметрів і джерел відтворення в агроландшафтах, проаналізувати особливості моніторингу біологічної активності ґрунтів сільськогосподарського призначення.

**План**

1.Моніторинг стану органічної речовини в ґрунті, оцінка його параметрів і джерел відтворення в агроландшафтах.

2.Моніторинг біологічної активності ґрунтів сільськогосподарського призначення.

🖉**Основні поняття**: екологічно адаптовані системи землеробства; вміст рухливого фосфору в ґрунті; максимально допустимі рівні вмісту токсикантів в рослинницькій продукції (МДР); потенціал біологічного азоту; ґрунтові мікроорганізми; мікробіота.

**1.Моніторинг стану органічної речовини в ґрунті, оцінка його параметрів і джерел відтворення в агроландшафтах**

У формуванні екологічно адаптованих систем землеробства велике значення надаються біологічному азоту, що надходить в сферу матеріально-енергетичних перетворень в агроценозах за допомогою використання продукційних можливостей бобових культур (головним чином багаторічних трав). При розширеному відтворенні родючості ґрунтів вся технологія вирощування бобових культур і система добрив повинні сприяти максимальній симбіотичній фіксації азоту атмосфери й завдяки цьому забезпечувати збільшення врожайності без застосування азотних добрив. Без надійної інформації про реальний внесок біологічного азоту й органічної речовини бобових важко уникнути негативних економічних і екологічних наслідків. При цьому необхідно враховувати ґрунтово-кліматичні умови, насиченість сівозміни бобовими культурами і їхній видовий склад.

Для реалізації потенціалу біологічного азоту в практиці землеробства необхідна достовірна інформація, що дозволяє розробити систему оціночних показників, основні з яких:

* розміри азотфіксації бобовими при різній їхній урожайності;
* кількість атмосферного азоту і надходження в ґрунт органічної речовини;
* можливі урожайності зернових за рахунок використання азоту бобових і потреба в мінеральному азоті при вирощуванні культур по бобових попередниках.

Вихідними даними для розв’язання цих питань повинні служити матеріали моніторингу агроландшафтів. У сівозмінах з бобовими коефіцієнт азотфіксації визначають для оцінки інтенсивності азотфіксації різними групами бобових залежно від досліджуваних факторів, а головним чином для встановлення реального балансу азоту ґрунту. За допомогою коефіцієнта азотфіксації оцінюють частку симбіотичного азоту, що надійшов у ґрунт із залишками бобових (прибуткова стаття), а також відчуження бобовими азоту із ґрунту й добрив (видаткова стаття).

Для культури бобових винос азоту NВ визначають із поправкою на азотфіксацію (однак цією вимогою часто зневажають) за формулою:

NВ = NY (1– KФ), (5.1)

де NY – загальний азот урожаю (основна й побічна продукція), кг/га; КФ – коефіцієнт азотфіксації.

Установлено, що у варіантах досліду із внесенням азотних добрив (особливо в підвищених дозах) коефіцієнт азотфіксації в бобових значно знижується. І в таких випадках винос азоту й добрив із ґрунту відповідно зростає, а надходження симбіотичного азоту в ґрунт зменшується. Для однорічних бобових культур масу органічної речовини, загального й симбіотичного азоту, що надходить у ґрунт, визначають щорічно наприкінці вегетації, для багаторічних бобових трав - у рік розорювання їхнього шару. Органічна речовина бобових, яка надходить у ґрунт, складається з маси пожнивних і кореневих залишків у шарі 0-40 см і активної органічної речовини, що випадає з безпосереднього обліку (дрібні живі й відмерлі корінці, бульбочки й т.д.).

Облік у цьому випадку ведуть з введенням корегувальних коефіцієнтів. Практично виконується наступна процедура. Спочатку враховують кореневу масу в шарі ґрунту 0-20 і 20-40 см, відмиваючи корінь від ґрунту на ситах з отворами 1,5-2,0 мм. Далі отриману облікову масу стерні і коріння множать на корегувальний коефіцієнт. У підсумку забезпечується відносна повнота обліку всієї органічної маси бобових, що надходять у ґрунт.

Орієнтовні поправочні коефіцієнти з урахуванням потужності кореневих систем різних видів груп бобових приймають наступні:

* багаторічні бобові трави 2,0;
* бобово-злакові суміші із часток бобового компонента більше 50 % 1,5;
* люпин кормовий, кормові боби (на сіно, зелений корм, силос) 1,6;
* зернобобові 1,4;
* однолітні бобово-злакові трави 1,3;
* те ж с часткою бобового компонента більше 25-40% – 1,5.

Висока ефективність дії бобових попередників на наступні культури пояснюється не тільки кількістю біологічного азоту (прямій фактор), але й масою синтезованої органічної речовини в ґрунті (непрямий фактор), що поліпшує її структуру й водно-фізичні властивості. У результаті забезпечується більше тривалий тимчасовий ефект дії азоту бобових у порівнянні з азотом мінеральних добрив. У зв'язку із цим важливо перед посівом зернової культури при розрахунку оптимальних доз азотних добрив після бобових враховувати не тільки вміст мінерального азоту в ґрунті, але й азот, що використовується наступною культурою в результаті мінералізації органічної маси бобових, що надійшла в ґрунт.

Найважливіший показник родючості, що визначає врожайність сільськогосподарських культур і ефективність дії добрив, – вміст рухливого фосфору в ґрунті, що також належить до об'єктів агроекологічного моніторингу. Завдання полягає в тім, щоб досягти в ґрунті такого вмісту фосфору, при якому він не був би фактором, що обмежує урожай.

Перша частина проблеми – створення певної кількості фосфору в ґрунті – обґрунтована дослідженнями системи «ґрунт – добрива – рослини». Установлено, що для забезпечення потреби рослин першорядне значення має концентрація фосфору в ґрунтовому розчині біля поверхні кореня. Ступінь концентрації залежить від поглинання фосфору коріннями рослин і відновлення її шляхом переходу фосфору із твердої фази.

Чим більше запас іонів, здатних до обміну між твердою й рідкою фазами ґрунту (фактор ємності), чим більше їхня рухливість (фактор інтенсивності), тим швидше концентрація відновлюється, а рослини краще забезпечуються фосфором. Очевидно, що для нормального росту й розвитку рослин ґрунт повинен мати такий запас фосфору, що забезпечує високу інтенсивність переходу фосфат-іонів із твердої фази в розчин. Запас рухливих фосфатів (фактор ємності) для кожної ґрунтової різниці визначають стандартним методом. У системі агроекологічного моніторингу для розв’язання питань оптимізації фосфорного живлення рослин можна застосовувати також методи рослинної діагностики, засновані на результатах фізіологічних і агрохімічних досліджень (певна залежність хімічного складу рослин по фазах і періодах вегетації від ступеня підживлення культур), які використовують у багатьох країнах.

Практичний досвід проведення рослинної діагностики показує, що реакція рослини на надходження й споживання живильних речовин проявляється досить швидко й досить точно відбиває їхній вміст. Очевидно, що еколого-агрохімічна оцінка фосфорних добрив повинна містити не тільки відомості про основний живильний елемент – фосфор, але й про наявність у складі добрива домішок, що представляють небезпеку для навколишнього природного середовища. Важкі метали, фтор і інші компоненти необхідно визначати в самих добривах, у ґрунті у випадку їхнього виявлення й у рослинній продукції по найбільш контрастних варіантах. У поліпшенні родючості ґрунтів, підвищенні продуктивності культур, що вирощуються, особливе значення мають органічні добрива.

Ці добрива є важливим джерелом поповнення запасів доступних рослинам живильних речовин, вони спричиняють позитивний меліоративний вплив на ґрунт, сприяючи, зокрема, оптимізації його гумусового стану. Відомо 39 позитивний вплив органічних добрив у нейтралізації токсичних властивостей важких металів у результаті зв'язування їх у малодоступні сполуки, ослабленні токсичної дії інших хімічних елементів. Наприклад, у Японії вміст кадмію в рисі знижувався при внесенні пташиного калу, компосту або борошна з рисової соломи. Зменшення токсичності поєднань хрому відзначено при внесенні торфу або осаду стічних вод у кількості не менш 100 т/га.

Попри на велике виробниче значення органічних добрив, накопичено чимало даних про суттєві втрати органікою живильних елементів, високі концентрації токсичних речовин у сільськогосподарській продукції головним чином через порушення технології використання даного виду добрив (особливо різних видів безпідстилкового гною). Концентрація тваринництва, розвиток його на промисловій основі докорінно змінили структуру і якість органічних добрив. Скоротилася частка підстилкового гною (до 20% загальної маси); одночасно збільшився вихід безпідстилкового напіврідкого й рідкого гною й гнойових стоків.

Застосування високих доз безпідстилкового гною супроводжується нагромадженням фосфору в ґрунті, а також підвищенням його вмісту в ґрунтових водах. Із застосовуваної як добриво органіки найбільшу небезпеку для навколишнього середовища можуть представляти осади стічних вод. Застосування їх як добрива можливо в науково обґрунтованих дозах тільки після ретельного хімічного аналізу осадів і санітарної перевірки на спеціальних майданчиках. З огляду на можливість забруднення навколишнього середовища, необхідний постійний контроль за якістю органічних добрив, вмістом у них токсичних речовин, а також накопиченням останніх у ґрунті й рослинах.

Розширене відтворення родючості ґрунтів є одним з найважливіших природоохоронних завдань, воно передбачає постійну турботу про поповнення запасів гумусу, що можливо при максимальному використанні різних видів органічних відходів як добрива.

Спостерігається прямий зв'язок - чим більше уваги приділяють грамотному використанню гною й інших органічних добрив, тим вище культура землеробства. Порушення науково обґрунтованих рекомендацій з виготовлення, зберігання й внесення органічних добрив не тільки істотно знижує їхню ефективність, але й помітно підвищує ймовірність забруднення природних комплексів і їхніх складових. Відповідно до вимог екологічної безпеки, необхідний обов'язковий контроль по основним блок-компонентам агроекосистем.

Різні види органічних добрив необхідно аналізувати на зміст у них макро- і мікроелементів, патогенної мікрофлори і яєць гельмінтів. У нетрадиційних видах органіки (сапропелі, усілякі компости, сировиною для яких служать відходи промислових і сільськогосподарських підприємств) варто 40 додатково визначати зміст важких металів і залишкових кількостей пестицидів.

Закономірності поводження в об'єктах зовнішнього середовища (атмосфера, вода, ґрунт, рослина) великого набору хімічних засобів захисту рослин, регуляторів росту, інгібіторів, дефоліантів, а також нітратів, нітритів і важких металів досить добре вивчені в модельних експериментах. Установлено концентрації цих речовин і препаратів, що викликають загибель 50 % піддослідних тварин (ЛД50); виявлені періоди напіврозпаду хімічних сполук в об'єктах зовнішнього середовища (Т½) і розпаду на 80 і 100 % (Т80 і Т100). Для багатьох речовин відомі закономірності динаміки їхньої трансформації й деградації в ґрунті й рослинах; найбільш істотні метаболіти; розроблені нормативи гранично допустимих концентрацій токсикантів в атмосфері, воді й ґрунті (ГДК) і максимально допустимі рівні їхнього вмісту в рослинницькій продукції (МДР), а також методи визначення залишкових кількостей пестицидів в об'єктах середовища. Однак цього поки недостатньо для того, щоб упевнено рекомендувати використання агрохімікатів у сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур.

Суть питання в тім, що вищезгадані параметри практично не вивчені при комплексному застосуванні засобів хімізації. У практиці ж землеробства дуже рідкі випадки, коли використовують який-небудь один препарат. Звичайно вживається комплекс засобів хімізації, які застосовуються або спільно (у вигляді сумішей), або послідовно з короткими інтервалами. В обох випадках агрохімікати в ґрунті й рослинах вступають у складні взаємодії, характер і спрямованість яких можуть істотно відрізнятися. В остаточному підсумку закономірності, які були встановлені для «індивідуальних» речовин, що використовувались в чистому вигляді, змінюються. При комплексному застосуванні засобів хімізації виникають специфічні питання сумарної токсичності ґрунту, шкідливості (або нешкідливості) рослинницької продукції, які неможливо визначити традиційними методами.

Залишкові кількості всіх препаратів, що застосовувалися, можуть бути на рівні МДР, однак чи відбувається синергічний ефект, однозначно відповісти сьогодні неможливо. Все це об'єктивно диктує необхідність проведення в стаціонарних тривалих дослідах або на полігонах агроекологічного моніторингу всебічних досліджень, що дозволяють одержати обґрунтовані порівняльні характеристики неоднакових за ступенем «насичення» агрохімікатами систем комплексного застосування засобів хімізації в сівозмінах різних типів.

Важливий показник – динаміка вмісту пестицидів у ґрунті й рослинах. Для вивчення динаміки проби відбирають, як мінімум, в 3-4 строки: перший – у день обробки (вихідний вміст), а далі через 3-5, 15-30 і 41 50-60 діб після обробки, а також при збиранні урожаю. Найменші тимчасові інтервали беруть при використанні нестійких препаратів, найбільші – стійких. Залишкові кількості пестицидів у ґрунті й рослинах визначають офіційними методами, затвердженими уповноваженими на те органами (Державні хімкомісії, Міністерство охорони здоров’я і ін.).

Оцінюють отриману інформацію порівнянням з нормативами ГДК і МДР в ґрунті й рослинах. Паралельно із залишковою кількістю пестицидів у рослинних зразках на основі стандартних методів досліджується вміст токсикантів, що містять азот (N02– , N03–), важких металів, фтору, миш'яку, хлору, ряду мікроелементів. Важливе значення в агроекологічному моніторингу надають визначенню сумарної шкідливості (або нешкідливості) рослинницької продукції.

**2.Моніторинг біологічної активності ґрунтів сільськогосподарського призначення**

Біологічні властивості ґрунтів значною мірою залежать від біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів та специфіки функціонування різних еколого-трофічних груп мікробного ценозу педосфери. Діяльність ґрунтових мікроорганізмів визначає родючість ґрунтів, їх екологічний та фітосанітарний стан, але, окрім того, ґрунтові мікроорганізми високочутливі індикатори, які миттєво реагують на наявність в екосистемах контамінантів, що віддзеркалюється на показниках біологічної активності ґрунту, зокрема ферментативній активності та інтенсивності виділення вуглекислого газу з поверхні ґрунту. функціонуванні ґрунтових екосистем ферменти, що накопичуються у ґрунті в процесі життєдіяльності живих організмів відіграють виключно важливу роль. Завдяки біокаталітичним процесам за участю різних ферментів, ґрунти здійснюють свої найважливіші біогеоценологічні функції, такі як гумусовоенергетичні, трофічні, санітарно-відновлювальні тощо.

Відомо, що кількісний та якісний склад ґрунтової мікробіоти адекватно віддзеркалює ступінь антропогенного навантаження, тому використовується як діагностичний показник при оцінці екологічного стану ґрунту трансформованих біогеоценозів.

Активне використання інтенсивних агротехнологій з метою одержання високих врожаїв час то призводить до надмірного забруднення ґрунту агроекосистем ксенобіотиками. Відповідно до концепції сталого розвитку агроекосистем в Україні на період до 2025 року, яка спрямована на забезпечення ідей і принципів, декларованих конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро 1992 р.) та Всесвітнім самітом із збалансованого розвитку (Йоханнесбург 2002 р.), передбачено організацію науково-методичного забезпечення комплексного агроекологічного моніторингу агроландшафтів України, до біотичної складової якого входить мікробіологічний моніторинг.

*Мікробіологічний моніторинг* – регулярна система спостережень та діагностики за станом ґрунту екосистем з використанням показників, які характеризують функціональний стан фунтової мікробіоти.

До основних завдань мікробіологічного моніторингу входить визначення біомаси ґрунтових мікроорганізмів, дослідження особливостей функціонування різних еколого-трофічних груп ґрунтових мікроорганізмів при антропогенному навантаженні, визначення спрямованості мікробіологічних процесів у ґрунті за умов антропоген ного впливу, встановлення рівня біологічної та фітотоксичної активності ґрунту різ них екосистем. Крім того, важливим аспектом є визначення інтенсивності ферментативних реакцій, встановлення таксономічного складу ґрунтового мікробоценозу, формулювання рекомендацій щодо покращення екологічного стану ґрунтів різних екосистем.

Для здійснення фонового мікробіологічного моніторингу ґрунту використовуються екосистеми, які не зазнати прямого антропогенного впливу.

Таблиця 5.1 – Перелік показників що рекомендуються для визначення при проведенні мікробіологічного моніторингу ґрунтів різних екосистем

|  |  |
| --- | --- |
| Процес, що контролюється | Показник |
| Зміна чисельності основних груп ґрунтових мікроорганізмів. | Кількість КУО на 1г. аб. сух. ґрунту. |
| Зміна біомаси ґрунтових мікроорганізмів | Вміст вуглецю мікробної біомаси мкг/г ґрунту |
| Накопичення фітотоксичних метаболітів ґрунтових мікроорганізмів | % інгібування ростових процесів рослин. |
| Зміна стійкості екосистем | Оцінка різноманітності ґрунтового угруповання за допомогою індексів Сімпсона і Шенона  D = 1/⅀Рі2  Н=⅀Рі×lnРі |
| Дихання ґрунту | Інтенсивність виділення СО2 мг/кг ґрунту за добу |
| Азотфіксуюча активність ґрунту | Інтенсивність виділення етилену С2Н4 мкмоль/г ґрунту за 1 добу |
| Фосфатазна активність ґрунту | мг Р2O5/ 100г ґрунту за 30 хв |
| Каталазна активність ґрунту | см3 О2/гр ґрунту |

Прорив у дослідженнях фізіологічного розмаїття ґрунтових мікроорганізмів пов'язують із методами, що ґрунтуються на оцінці спектра споживання мікроорганізмами вуглецевовмісних субстратів (мультисубстратне тестування). Вони дають можливість оцінити фізіологічний потенціал ґрунтових мікроорганізмів, в тому числі і за впливу біопрепаратів.

Показники таксономічного чи функціонального розмаїття мікроорганізмів, отримані методом фізіологічного профілювання спільнот мікробіому (Community-level physiological profiling, CLPP), можуть бути використані як зручні та досить інформативні індикатори відповідних змін.

У 1991 році для оцінки функціонального різноманіття вчені Гарланд та Міллс (J.L. Garland, A.L. Mills) запропонували використовувати систему BIOLOG. Вони також розробили основні підходи до інтерпретації отриманих спектрів споживання вуглецевмісних субстратів методами багатовимірної статистики (форма аналізу, коли охоплюється одночасне спостереження більше ніж однієї змінної).

Технологія BIOTREX була розроблена в Японії для оцінки біорізноманіття ґрунтів та їх біологічної активності. Вона допомагає вивчати вплив різних продуктів на ефективність вирощування рослин. За останні 10 років інноваційна система з використанням мікропланшетів із 31 джерелом вуглецю та азоту завоювала довіру фермерів по всьому світу.

Завдяки спеціальним планшетам визначається активність та різноманітність ґрунтових мікроорганізмів (індекс Biotrex), що сигналізує про поточний стан ґрунту та дозволяє його скоригувати за допомогою мікробіологічних засобів. Моніторинг мікробних спільнот та активності ґрунту може бути потужним інструментом для розуміння дії біопрепаратів.

**❓** *Питання для самоконтролю*

1.Як здійснюється моніторинг рухомого азоту у ґрунті?

2.Як визначити потенціал біологічного азоту у ґрунті?

3.Як здійснюється моніторинг рухомого фосфору у ґрунті?

4.Яку роль відіграють мікроорганізми у формуванні агроландшафтів?

5.Які завдання вирішує мікробіологічний моніторинг?

6.Які показники визначаються при проведенні мікробіологічного моніторингу ґрунтів агроландшафтів?