

УДК 577.4:631.4

Данилик А.М., студентка гр. 091-22-1 III,
Федоренко Є.С., студентка гр. 091-21-1 III

Науковий керівник: Яковишина Т.Ф., д.т.н., професорка кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ТОКСИЧНИЙ ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ФЕРМЕНТАТИВНУ АКТИВНІСТЬ ҐРУНТУ

Активність ґрунтових ферментів є досить інформативним показником стану ґрунту і може використовуватися для діагностики ступеня екологічної небезпеки внаслідок забруднення важкими металами, а також зниження техногенного навантаження при застосуванні заходів з ремедіації, адже вони надають відомості про динаміку найважливіших ферментативних процесів у ґрунті: синтезі та розкладанні органічної речовини, нітрифікації та інших процесах.

Важкі метали пригнічують активність ферментів, які безпосередньо містяться у ґрунті та опосередковано – у клітинах мікроорганізмів, саме тому, причиною зниження ферментативної активності ґрунту при забрудненні важкими металами буде як пряме пригнічення каталітичної активності ферментів, так і затримка їх синтезу мікроорганізмами [1]. Високі концентрації важких металів значно знижують активність амілази, дегідрогенази, уреази, інвертази та каталази, тоді як низькі, навпаки, можуть її активувати.

Для всебічної оцінки ферментативної активності ґрунту користувалися шкалою Д.Г. Звягінцева [2], що складається з п'яти ферментів: гідролітичних (інвертази, уреази, фосфатази) та окисно-відновних (каталази та дегідрогенази).

Ферментативну активність ґрунту вивчали в мікропольовому досліді а агроценозі проса сорту Миронівське 51 за умов рівня забруднення в 5 ГДК по Cd, Pb та Zn з використанням органо-мінеральних добрив (ОМД) (1,5 ц/га), крейди (1,5 ц/га), біогумусу (1,0 ц/га), K₂S та K₂CO₃ з розрахунку в 1,5 раза більше необхідної кількості для повного хімічного зв'язування катіонів важких металів у ґрунті.

Токсична дія важких металів на ґрунтові ферменти, була принципово схожою і зводилося до інгібування більшою або меншою мірою їх дії як через зміну кінетичних характеристик, так і в результаті взаємодії з субстратом і продуктами реакції. За ступенем стійкості до техногенного забруднення ґрунту важкими металами ферменти розташувалися у вигляді наступного ряду: дегідрогеназа < уреаза ≤ інвертаза < фосфатаза = каталаза.

Токсичний вплив сполук важких металів, крім безпосереднього інгібування ферментативної активності ґрунту катіонами Cd²⁺, Pb²⁺ та Zn²⁺, виявлявся через дію супутнього аніону NO³⁻, що призводило до підкислення ґрунту (з рН 6,75 до рН 6,25–6,43), і тим самим сприяло зміні оптимального для дії даних ферментів середовища в чорноземі звичайному і, відповідно, посилення зниження активності інвертази та стимулювання, хоча у нашому випадку і нижче рівня контролю – каталази та дегідрогенази. Найбільш стійко і істотно токсична дія важких металів проявилася в інгібуванні активності дегідрогенази, яка знижувалася порівняно з контролем (незабруднений ґрунт) на 47–58 % залежно від хімічної природи металів.

Активність інвертази і уреази під впливом забруднення важкими металами знижувалися на 15–25 % без внесення меліорантів. Рівні активності каталази, що відноситься до геміферментів, які каталізують відщеплення води від перекису водню і ферменту фосфорного обміну – фосфатази, виявилися найбільш стійкими по відношенню до токсичної дії катіонів Pb²⁺, Cd²⁺ та Zn²⁺.

Відповідно до градації ступеня забруднення ґрунтів важкими металами з ферментативної активності, запропонованої К.В. Григорян та А.Ш. Галстян, чорнозем звичайний при забрудненні Cd^{2+} , Pb^{2+} та Zn^{2+} слід віднести за активністю інвертази та фосфатази до середньозабруднених ґрунтів.

Хоча активність ґрунтових ферментів в основному визначається життєдіяльністю мікробного угруповання, будь-якої кореляційної залежності між кількістю ґрунтових мікроорганізмів та активністю ферментів не виявлено.

Внесені меліоранти, залежно від ступеня ефективності дії, більшою чи меншою мірою зв'язували катіони важких металів і тим самим знижували їх токсичну дію, що опосередковано відбивалося на підвищенні активності ґрунтових ферментів. Між вмістом рухомих форм Cd, Pb і Zn у ґрунті та активністю дегідрогенази – найбільш чутливого до техногенного забруднення важкими металами ферменту – були встановлені зворотні залежності, які задовільно описувалися поліномами другого порядку (1-3):

$$\text{забруднення Cd} \quad D = 0,0367Cd_{п.}^2 - 0,459Cd_{п.} + 2,4944, \quad R^2 = 0,8464 \quad (1)$$

$$\text{забруднення Pb} \quad D = 0,0002Pb_{п.}^2 - 0,0266Pb_{п.} + 2,4328, \quad R^2 = 0,6874 \quad (2)$$

$$\text{забруднення Zn} \quad D = 2E-05Zn_{п.}^2 - 0,0097Zn_{п.} + 2,4429, \quad R^2 = 0,7131 \quad (3)$$

де D – активність дегідрогенази, мг ТФФ на 10 г ґрунту за 24 години;

$Cd_{п.}$ – вміст рухомого кадмію у ґрунті, мг/кг;

$Pb_{п.}$ – вміст рухомого свинцю у ґрунті, мг/кг;

$Zn_{п.}$ – вміст рухомого цинку у ґрунті, мг/кг.

У той же час компоненти, що входять до складу меліорантів, у деяких випадках пригнічували дію тих чи інших ферментів. Так, наприклад, внесення екологічно обґрунтованих доз вапна та K_2CO_3 значно збільшувало активність уреазу і, навпаки, інгібували, хоча й у незначній мірі, близько 3–4% – інвертазу. При нестачі рухомого фосфору та низької активності фосфатази, а саме такі умови характерні для техногенно забрудненого важкими металами ґрунту агроценозів, додатковий мінеральний фосфор, що надходив із ОМД, втім, як і біогумус підвищував фосфатазну активність. Крім того, підвищені концентрації мінерального азоту в ґрунті за рахунок внесення ОМД викликали зниження активності уреазу.

Підсумувавши вищевикладене, слід зазначити, що використання відомостей про токсичний вплив на активність ґрунтових ферментів має велике науково-практичне значення, що, по-перше, пов'язано з всебічною оцінкою поллютантів та ефективністю заходів з їх детоксикації, а по-друге, від вирішення питань регулювання ферментативної активності безпосередньо залежить ґрунтова родючість.

Список використаних джерел:

1. Yeboah, J. O., Shi, G. Y., & Shi, W. L. (2021). Effect of Heavy Metal Contamination on Soil Enzymes Activities. *Journal of Geoscience and Environment Protection*. № 9. P. 135–154.
2. Мірошніченко М.М., Фатєєв А.І., Самохвалова В.Л., Панасенко Є.В., Якушко В.І. Фосфор у землеробстві на техногенно забруднених ґрунтах. Фосфор і калій у землеробстві. Проблеми мікробіологічної мобілізації. Чернігів – Харків. 2004. С. 86–93.