УДК 616+631.95:631.445.2/.4+633

Н.О.Риженко, канд. с-г наук, В.М.Кавецький, професор

ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ МОНО- ТА МУЛЬТИМЕТАЛІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ФЕРМЕНТАТИВНУ АКТИВНІСТЬ ҐРУНТУ

Інститут екогігієни і токсикології ім. Л.І. Медведя МОЗ України, м. Київ

Проблема прогнозу поведінки та оцінки токсичності важких металів (ВМ) в екосистемі за умов імпактного типу забруднень і досі залишається невирішеною. Основна кількість полютантів, що надходить із забрудненням (70–90%), локалізується у ґрунті, де мікробіологічна та ферментна діяльність зумовлюють родючість та буферну здатність ґрунту [1–4].

В даній роботі вивчалась активність поліфенолоксидази та пероксидази в 0–20 см шарі ґрунту в умовах його забруднення Cd, Pb, Cu, Zn. Вказані ферменти відносяться до групи оксидаз та впливають на здатність ґрунту до самоочищення, відіграють важливу роль у регуляції енергетичного балансу біологічних екосистем, в тому числі і фітопродуктивності, оскільки беруть участь в синтезі та розпаді гумусних речовин ґрунту [1–3]. Тому вивчення впливу ВМ на активність оксидаз є необхідною умовою проведення фітотоксикологічної та екотоксикологічної оцінки забрудненої екосистеми.

Матеріали і методи

Досліджувані ґрунти: дерново-середньопідзолистий супіщаний (pH сол. — 5,5, гідролітична кислотність 2,7 мг-екв./100г, вміст гумусу за Тюріним 0,87%, ступінь насиченості основами 58%) та чорнозем типовий малогумусний (pH сол. — 6,2, ступінь насиченості основами 82,3%, вміст гумусу за Тюріним 2,89%) під посівом ячменю ярого. При закладенні дослідів були використані наступні солі: $Pb(NO_3)_2$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $CuSO_4 \cdot 7H_2O$, $CdSO_4$. Проводили вегетаційний і польовий досліди. Встановлення рівня токсичності кожного з досліджуваних металів по відношенню до активності пероксидази та поліфенолоксидази проводили в умовах монометалічного забруднення. Солі металів вносили у грунт в кількості від 5 до 30 ГДК за валовим вмістом в залежності від металу. Екстракцію рухомих та потенційно рухомих форм Cd, Pb, Cu, Zn проводили 1H HCl з подальшим визначенням хроматографічним методом в тонкому шарі адсорбенту [5]. Визначення активності оксидаз ґрунту проводили за методом А.Ш. Галстяна і визначали в мг пурпургаліну на 1 г ґрунту [6]. Аналіз одержаних результатів супроводжувався кореляційним та дисперсійним статистичними методами обробки результатів. Довірча ймовірність становила 0,95.

Результати та обговорення

Формалізація залежності активності оксидаз від концентрації металу в ґрунті дозволила встановити діапазони їх активності по відношенню до кожного досліджуваного елементу. Графік залежності активності оксидаз від концентрації кадмію у дерново-середньопідзолистому ґрунті як приклад представлено на рисунку. Діапазон активності поліфенолоксидази та пероксидази в умовах забруднення ґрунту важкими металами визначається областю концентрацій рухомої форми металу в ґрунті (мг/кг), верхньою межею якого є значення, при якому не відбувається пригнічення активності ферменту (рівень контролю), а нижньою — значення, при якому спостерігається 100% пригнічення активності ферменту. Рівень контролю вважали за 100% активність ферментів. Залежність активності оксидаз від концентрації рухомих форм металу в ґрунті встановлювали за допомогою методу імітаційного моделювання [7], в результаті чого був одержаний весь діапазон активності оксидаз в умовах забруднення ґрунту. Згідно законів фазових реакцій, "все, або нічого", загальних властивостей систем — їх перервності та неперервності — коливаль-

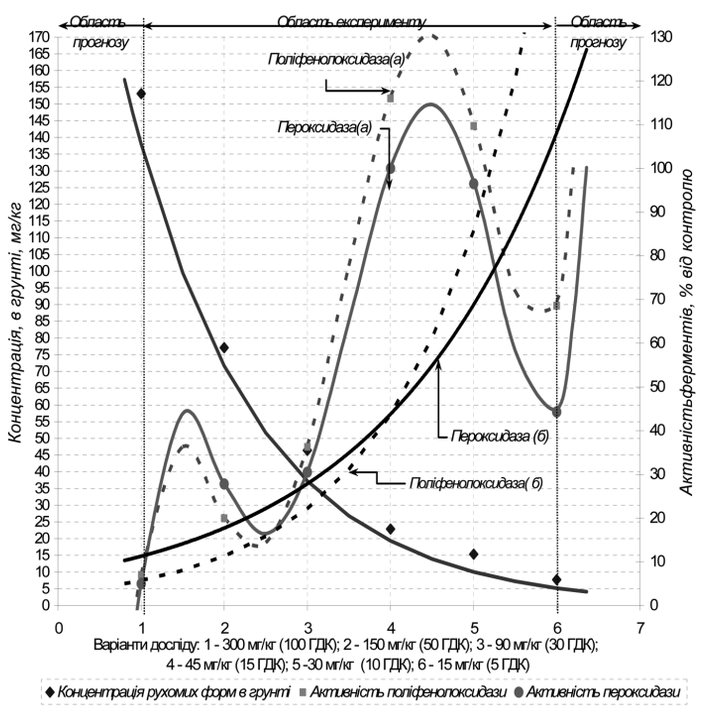

Рисунок. Діапазон активності оксидаз в умовах монометалічного імпактного забруднення кадмієм (дерново-середньопідзолистий грунт)
Поліфенолоксидаза (а), пероксидаза (а) - поліноміальна формалізація; поліфенолоксидаза (б), пероксидаза (б) - експоненційна формалізація

ний тип затухання активності ферментів в умовах забруднення ґрунту ВМ є типовим (правило "затухання процесів") [2, 3]. Відповідно до принципу Ле Шательє-Брауна та другого принципу термодинаміки, після стресу екосистема не повертається до попереднього стану, оскільки конструктивна зміна у її структурі викликає збільшення ентропії та поглинання енергії зовні, що призводить до суттєвих змін у її ієрархії [2, 3]. Тому залежність активності ферментів від концентрації металів у ґрунті описували за допомогою поліноміальної спадної кривої (r=0,95–0,99), що узгоджується з літературними даними та є детальною частиною загального експоненційного тренду процесів деградації у екосистемі (рисунок).

Динаміку активності оксидаз в залежності від концентрації ВМ на дерново-середньопідзолистому ґрунті формалізували таким чином: поліфенолоксидаза $3{,}4177x^5-59{,}992x^4+387{,}8x^3-1132{,}9x^2+1491{,}1x-682{,}4$ (r = 0,99)-Cd; пероксидаза $3{,}2567x^5-58{,}296x^4+385{,}76x^3-1160{,}3x^2+1576{,}9x-742{,}3$ (r=0,99)-Cd. Аналогічна формалізація була проведена для решти металів на обох досліджуваних ґрунтах.

Найбільш токсичним по відношенню до ферментів виявився кадмій: діапазон активності оксидаз в умовах його забруднення був найменшим на обох досліджуваних ґрунтах (табл.1).

Найменш токсичним по відношенню до оксидаз був цинк, діапазон активності ферментів був найбільшим за абсолютними значеннями границь і шириною амплітуди. Свинець характеризувався меншою токсичністю порівняно до міді та більшою, ніж цинк. Таким чином, встановлено ряд токсичності металів по відношенню до оксидаз ґрунту: Cd > Cu > Pb > Zn.

Інгібуюча дія досліджуваних металів була вищою для поліфенолоксидази, ніж для пероксидази як на чорноземі, так і на дерново-підзолистому ґрунті. У зв'язку із більшою геохімічною ємністю чорнозему типового малогумусного активність обох оксидаз на ньому була вищою, ніж на дерново-середньопідзолистому ґрунті.

За мультиметалічного забруднення величина амплітуди діапазонів активності ферментів була більшою порівняно монометалічних умов. (табл. 2.)

Таблиця 2

Діапазони активності оксидаз при мультиметалічному забрудненні

Фермент	Концентрація металів у суміші в ґрунті, мг/кг рухомих форм	
	дерново-середньопідзолистий грунт	чорнозем типовий мало гумусний
Поліфенолоксидаза	5,2 - 1500,0	30,6 - 1900,0
Пероксидаза	3,7 - 1200,0	22,7 - 1700,0

Нижня границя діапазонів при сумісній дії металів майже співпадала із найменшими границями діапазонів при монометалічному забрудненні, які були характерні для кадмію внаслідок його найбільшої токсичності по відношенню до оксидаз. Верхні границі діапазонів активності ферментів при мультиметалічному забрудненні були меншими порівняно до границь діапазону активності оксидаз при селективній дії металів, що свідчить про наявність явища нигіляції токсичного ефекту мультиметалічної дії.

Результат взаємодії ВМ не є простою сумою окремих дій, а народжує якісно нові результати, що залежать від усієї сукупності взаємодій. Зокрема, відбувалась нигіляція дії кадмію, міді, свинцю на оксидази, а потенційована дія (збільшений ефект у кількісному розумінні при умовно-якісній константі) проявлялась стосовно цинку.

Таблиця 1

Діапазон активності оксидаз в умовах монометалічного забруднення

Фермент	Діапазон активності ферменту, мг/кг рухомої форми металу							
	дерново-середньопідзолистий грунт				чорнозем типовий малогумусний			
	Cd	Cu	Pb	Zn	Cd	Cu	Pb	Zn
Поліфенолоксидаза	5-145	70-1150	80-1211	390-3650	8-155	80-1200	105-1260	630-3800
Пероксидаза	4-142	50-1050	60-1070	300-3200	6,5-150	60-1100	70-1150	520-3400

Висновки

1. На основі змін активності поліфенолоксидази та пероксидази в присутності рухомих форм важких металів в ґрунті встановлено такий ряд токсичності: Cd > Cu > Pb > Zn. Для поліфенолоксидази діапазони активності складали Cd 5 - 145 мг/кг, Cu 70 - 1150 мг/кг, Pb 80 - 1211 мг/кг, Zn 390 - 3650 мг/кг ґрунту та пероксидази Cd 4 - 142 мг /кг, 50 - 1050 Cu мг/кг, Pb 60 - 1070 мг/кг, Zn 300 - 3200 мг/кг рухомої форми металу у ґрунті на дерново-середньопідзолистому ґрунті. На чорноземі типовому малогумусному діапазони активності поліфенолоксидази становили Cd 8 - 155 мг/кг, Cu 80 -1200 мг/кг, Pb 105 - 1260 мг/кг, Zn 630 - 3800 мг/кг та пероксидази Cd 6,5 - 150,0 мг/кг, Cu 60 - 1100 мг/кг, Pb 70 - 1150 мг/кг, Zn 520 - 3400 мг/кг.
2. Дія суміші металів, за винятком цинку, менш токсична для ферментів порівняно з монометалічною дією металів. Величини діапазонів активності ферментів в умовах мультиметалічного забруднення були більшими, ніж діапазони активності ферментів в умовах монометалічного забруднення металів, окрім цинку.
3. В умовах забруднення сумішшю ВМ на дерново-середньопідзолистому ґрунті діапазон активності поліфенолоксидази становив 5,2-1500, пероксидази 3,7-1200 мг/кг, а на чорноземі типовому малогумусному, відповідно, 30,6-1900 та 22,7-1700 мг/кг металів в ґрунті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Галстян А.Ш. К оценке степени плодородия почв ферментативными реакциями. Микроорганизмы в сельском хозяйстве. — М.: Изд-во МГУ,1963. — С.327–335.
2. Реймерс Н.Ф. Екологія. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. — М.: Россия молодая, 1994. — С. 45–49.
3. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. — М.: Мысль, 1990. — 637 с.
4. Кавецький В.М., Козьякова Н.О. Екотоксичний моніторинг агрогеоценотичного покриву (концепція та критерії оцінка стану агроценозів)//Науковий вісник НАУ. — К., 2002. — Вип. 50. — С.290–293.
5. Методичні вказівки по визначенню Hg, Zn, Co, Cd, Cu у грунті, рослинах, у воді методом тонкошарової хроматографії. — №50–97 від 19. 06.97.
6. Галстян А.Ш. Определение активности ферментов почв (методические указания). — Ереван: НИИ Почвоведения и агрохимии Арм. ССР, 1978. — 54 с.
7. Свирежев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. — М.: Изд-во Наука, 1978. — С. 300–301.

Н.А.Рыженко, В.Н.Кавецкий

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МОНО- И МУЛЬТИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ

В статье представлен расчет диапазонов активности оксидаз почвы, что позволяет оценивать токсичность Cd, Pb, Cu, Zn по отношению к полифенолоксидазе и пероксидазе в условиях моно- и мультиметаллического загрязнения почвы. Определен ряд токсичности металлов по отношению к оксидазам почвы: Cd > Cu > Pb > Zn. Установлено, что действие комплекса металлов менее токсично для ферментов по сравнению с монометаллическим действием, за исключением цинка.

N.O.Ryzhenko, V.M.Kavetsky

ECOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF SINGLE AND MIXED HEAVY METALS POLLUTION INFLUENCE ON SOIL ENZYME ACTIVITY

The article deals with approach of the calculation of soil oxidizes activity diapasons. It allows to evaluate Cd, Pb, Cu, Zn toxicity regarding polyphenoloxidize and peroxidize in the conditions of the single and complex of metals soil pollution. According to the value of heavy metals toxicity regarding soil oxidizes the heavy metals can be ranked in the following descending order: Cd>Cu>Pb>Zn. The influence of the heavy metals complex had less toxicity regarding soil oxidizes than effect of zinc on soil ferments.