УДК 631.46 : 502.76

ВПЛИВ ПОЛІЕЛЕМЕНТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ МІКРОБНОГО ЦЕНОЗУ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО

Христенко С.І., к.б.н., зав.лаб., Шатохіна С.Ф., к.с.-г.н., ст.наук.співробітник,
Мірошниченко М.М., к.с.-г.н., пров. наук.співробітник ,Фатєєв А.І., д.с.-г.н., зав.лабораторією

Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім.О.Н. Соколовського УААН

Визначено мікробіологічні та біохімічні показники ґрунту за різних рівнів забруднення Zn, Cd, Ni. і Pb. Чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів суттєво зменшується від 10-разового перевищення фону за цими елементами.

Ключові слова: ґрунт, забруднення, важкі метали, мікробіоценоз, еколого-трофічні групи, ферменти.

Христенко С.И., Шатохина С.Ф., Мирошниченко Н.Н., Фатеев А.И. ВЛИЯНИЕ ПОЛИЭЛЕМЕНТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИКРОБНОГО ЦЕНОЗА ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО / Институт почвоведения и агрохимии им. Соколовского, Украина

Определены микробиологические и биохимические показатели почвы при различных уровнях загрязнения Zn, Cd, Ni и Pb. Численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов существенно уменьшается от 10-кратном превышении фона по этим элементам.

Ключевые слова: почва, загрязнение тяжелые металлы, микробиоценоз, эколого-трофические группы, ферменты.

Khristenko S.I., Shatohina S.F., Miroshnichenko M.M.,Fateev A.I. INFLUENCE OF POLYELEMENTAL POLLUTION ON FORMATION AND FUNCTIONING OF MICROBIAL CENOSIS OF PODZOLIC CHERNOZEM /

Microbiological and biochemical indices of soil depending on different rates of pollution by Zn,Cd,Ni and Pb are deteermined. Number of the main ecologically - trophic groups of microorganisms decreases considerably from 10 tines background content of these elements.

Key words: soil, pollution, heavy metals, microbiocenosis, eecologically-trophic groups, ferments.

Об'єктивізація критеріїв допустимого ризику забруднення ґрунту екзогенними речовинами є надзвичайно складною методологічною проблемою, далекою від остаточного вирішення. Сучасний підхід до оцінки якості навколишнього середовища, зокрема ґрунтів, заснований на еколого-токсикологічному принципі "нормального функціонування" екосистем і ураховує взаємозв'язок компонентів біоценозу й взаємодію забрудників з ґрунтом. Як основні, найчутливіші до забруднення показники "нормального функціонування", розглядаються кількість і якість створюваної біологічної продукції, біорізноманітність, стан надземної фауни, здоров'я людини [1,2]. Існує ряд класифікацій за ступенем пригнічуючої дії важких металів (ВМ) на рослини, мікробну систему, ферментативну активність ґрунту. У ряді випадків окремі показники токсичності ВМ відносно різних об'єктів суперечать один одному [3-6], що змушує критично ставитись до створення інтегральних класифікацій [7].

Окремим аспектом проблеми є перехід від оцінки шкідливості окремих елементів за вищезгадуваними класифікаціями до визначення небезпеки реального полікомпонентного забруднення. Виникає необхідність пошуку діагностичних показників, які б характеризували загальну сприятливість (або несприятливість) геохімічних умов для окремих ланок екосистем.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проводились у мікропольовому досліді в умовах Лівобережного Лісостепу (Харківська обл.). Ґрунт - чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. Характеристика ґрунту: $pH_{вод,н,}$ 5,7; pH_{KCl} 4,5; вміст гумусу 3,7%, часток фізичної глини 42,9%; сума поглинутих основ 476 ммоль/кг. Дослід полягав у штучному забрудненні ґрунту розчинами сульфатів Cd, Zn, Ni та ацетату свинцю до рівнів, що відповідають 3, 5, 7 10, 15 і 20 - разовому перевищенню фонового вмісту цих елементів (регіонального кларку). Останній дорівнює: Cd -0,8 мг/кг; Zn - 58 мг/кг; Ni - 24 мг/кг; Pb - 10 мг/кг ґрунту . Дослідження проводились на п'ятий рік після забруднення.

Одним із завдань досліджень було визначення впливу поліелементного забруднення на біологічні показники, що характеризують сформовані мікробні ценози та їх функціональну активність.

Чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, пов'язаних із перетворенням сполук вуглецю та азоту, визначалась за методом посіву ґрунтової суспензії відповідного розведення на тверді живильні середовища [8]. Було досліджено чисельність мікроорганізмів, що засвоюють азот органічних (органотрофи) і мінеральних сполук, актиноміцетів, мікроскопічних цукролітичних грибів, оліготрофних мікроорганізмів.

Біохімічна активність чорнозему опідзоленого характеризувалась за активністю ферментів інвертази [8] та дегідрогенази [9].

Визначався вміст вуглецю мікробної біомаси регідратаційним методом [10], а також продукування ґрунтом двоокису вуглецю [11].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз мікробіологічних показників чорнозему опідзоленого, що зазнав комплексного забруднення ВМ, свідчить про перебудову мікробних ценозів в усіх варіантах відносно контролю (табл.1). Сформувались мікробні ценози, у яких під впливом ВМ зменшилась в 1,6-2,2 разу чисельність бактерій, що засвоюють азот органічних сполук. За цим показником варіанти із забрудненим ґрунтом істотно не відрізнялись один від одного.

Значне зростання відносно контролю кількості мікроорганізмів, що утилізують мінеральний азот (майже в півтора разу) спостерігалось при рівні забруднення 3 кларки. Їх чисельність за 5 і 7 кларків достовірно не змінилась, а за 10 і 20 кларків - істотно зменшилась. У проміжку між останніми концентраціями (15 кларків) спостерігали зростання чисельності до рівня контрольного варіанта. Достовірне зменшення кількості актиноміцетів спостерігалось від рівня забруднення 10 кларків , а за 15 кларків їх чисельність достовірно зросла відносно попередньої та наступної концентрації ВМ.

Таблиця 1 - Вплив важких металів на мікробіологічні показники чорнозему опідзоленого

ВАРІАНТИ	Мікроорганізми, що засвоюють азот, млн/г				Гриби, тис/г	Оліго-трофні мікро-організми, млн/г
	органічний	мінеральний				
		усього	актиноміцети	бактерії		
N60P60K60 - фон	12,3	26,4	6,2	20,2	103,6	32,0
Фон + ВМ, 3 кларки	5,6	38,8	5,3	33,5	75,3	21,4
Фон + ВМ, 5 кларків	5,9	23,6	5,9	17,7	83,9	28,3
Фон + ВМ, 7 кларків	6,6	24,3	5,6	18,7	76,5	26,8
Фон + ВМ, 10 кларків	7,8	17,7	3,0	14,7	51,3	23,9
Фон + ВМ, 15 кларків	7,3	23,2	4,8	18,4	82,0	25,4
Фон + ВМ, 20 кларків	6,3	16,0	2,4	13,6	48,2	12,6
НІР0,05 Fтабл. = 1,96; Fфакт.	2,3 14,2	3,5 154,8	1,3 16,5	3,7 123,4	7,6 107,9	6,3 50,4

Стабільно меншою відносно контролю була кількість мікроскопічних грибів за забруднення усіх рівнів. У ряду концентрацій ВМ спостерігалося два максимуми чисельності: за 5 та 15 кларків. Останній був найбільш істотний відносно мінімальних показників за рівнів забруднення 10 і 20 кларків.

Оліготрофні мікроорганізми за мінімального забруднення зменшили свою чисельність відносно контролю на 33%. Остання істотно не відрізнялась і за наступних рівнів 5 і 7 кларків. Так само, як і для більшості досліджених еколого-трофічних груп, спостерігалося достовірне зменшення чисельності мікроорганізмів цієї групи після десятиразового перевищення природного фону ВМ із мінімумом за 20 кларків.

Одержані дані свідчать про наявність адаптивних механізмів у мікробному комплексі чорнозему опідзоленого. За найменшого з досліджених рівнів ВМ відігравали роль стимуляторів розвитку для мікроорганізмів, які засвоюють мінеральні форми азоту. Для цих мікроорганізмів, головним чином представлених бактеріальною мікрофлорою, ВМ (або один з них, наприклад, цинк) могли відігравати роль мікроелементів. Такий рівень забруднення Cd, Ni, Pb не перевищує гранично-допустимих концентрацій (ГДК) для ґрунтів, лише для цинку він більше за ГДК (100 мг/кг), але відповідає сприятливій і задовільній екологічній ситуації для цієї групи мікроорганізмів [12].

Найбільш чутливими показниками виявилися: чисельність бактерій, що засвоюють азот органічних сполук ґрунту, і мікроскопічних цукролітичних грибів, чисельність яких достовірно зменшилась, починаючи з мінімального рівня забруднення.

На рівні забруднення 3-7 кларків інші групи мікроорганізмів адаптувалися до умов оточення, і суттєвих змін у чисельності популяцій, що входять до них, не відзначалося. Загальне зменшення біогенності ґрунту спостерігалося за десятиразового перевищення над фоном ВМ. Для мікробної спільноти складається кризова екологічна ситуація, коли ГДК за валовим вмістом цинку перевищена більше ніж у 5 разів, кадмію і свинцю - біля 3 разів.

Наступне зростання чисельності усіх досліджуваних груп мікроорганізмів (15 кларків) може свідчити про створення умов для розвитку більш стійких до забруднення мікроорганізмів внаслідок зменшення конкуренції через пригнічення розвитку або загибель менш стійких видів.

Установлено, що збільшення фонового вмісту ВМ на один порядок призводить до перерозподілу ступеня домінування членів активно функціонуючої мікробної спільноти [6]. Проте, за сильнішого забруднення (20 кларків) погіршуються умови і для стійких мікроорганізмів.

Максимальна дія на органотрофні бактерії та гриби вказує на можливість впливу ВМ на механізми перетворення вуглецю в мікробному ценозі. Це підтверджується біологічними показниками, які характеризують окремі ланки циклу перетворення вуглецю (табл.2).

Таблиця 2 - Вплив важких металів на показники вуглецевого циклу чорнозему опідзоленого

ВАРІАНТИ	Вуглець мікробної маси, мкг/г	Активність інвертази, мг глюкози/г за добу	Дегідрогеназна активність, мг ТФФ/100г за добу
$N_{60}P_{60}K_{60}$ - фон	187	6,3	47,0
Фон + ВМ, 3 кларки	140	7,4	39,6
Фон + ВМ, 5 кларків	122	6,7	40,4
Фон + ВМ, 7 кларків	153	5,5	30,9
Фон + ВМ, 10 кларків	109	5,3	26,5
Фон + ВМ, 15 кларків	106	6,2	17,5
Фон + ВМ, 20 кларків	110	5,4	13,5

Зміни кількості біомаси не збігалися зі зміною чисельності будь-якої окремої групи, оскільки цей показник характеризує загальну сукупність мікроорганізмів. Проте, з 10 кларків забруднення її рівень зменшився.

Активність інвертази відображує зміни чисельності мікроорганізмів, які засвоюють мінеральний азот, грибів, а також вмісту легкодоступних органічних сполук, вуглець яких вони засвоюють.

Найбільш чутливою до ВМ є дегідрогеназна активність, яка тісно пов'язана з лабільною органічною речовиною і характеризує активність усього пулу мікроорганізмів ґрунту.

Продукування двоокису вуглецю, яке є інтегрованим біологічним показником і характеризує загальну біологічну активність, істотно зменшилось за 20 кларків, що вказує на загострення кризових явищ для біоти ґрунту.

Таким чином, одержані дані вказують, що забруднення ВМ впливає на механізми перетворення вуглецю, а саме на накопичення мікробної біомаси та руйнування лабільної частини органічної речовини ґрунту. За чисельністю амоніфікуючих бактерій, мікроскопічних грибів та дегідрогеназною активністю негативний вплив забруднення ВМ може бути зафіксований на початкових його стадіях за низьких концентрацій, що не перевищують ГДК, але більші від регіональних кларків.

ВИСНОВКИ

1. Поліелементне забруднення важкими металами призводить до кількісної та якісної перебудови мікробного ценозу чорнозему опідзоленого, характер якої залежить від рівня забруднення.

2. Перевищення над фоновим рівнем вмісту важких металів у 5-7 разів суттєво не впливає на мікробіологічні та біохімічні показники ґрунту.

3. Перевищення над фоновим рівнем вмісту важких металів, більше за десятиразове, негативно впливає на біогенність ґрунту, викликаючи зменшення чисельності основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів та зниження біохімічної активності ґрунту.

4. Можливим механізмом дії важких металів є порушення функціонування окремих ланок вуглецевого циклу в ґрунті.

5.Чисельність амоніфікуючих мікроорганізмів, мікроскопічних цукролітичних грибів та дегідрогеназна активність можуть бути використані для діагностики забруднення ґрунту важкими металами на початкових його стадіях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шибаева И.Н., Япенга Ян Критерии качества почв как инструмент расчета критических нагрузок // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение.- 2001.- № 1.- С. 7-13.
2. Глазовская М.А. Проблемы и методы оценки эколого-геохимической устойчивости почв и почвенного покрова к техногенным воздействиям // Почвоведение.- 1999.- № 1.- С. 114-124.
3. Спицина Т.Е., Романов Г.Г., Елькина Г.Я. Оценка воздействия загрязнения почв тяжелыми металлами // Освоение Севера и проблемы рекультивации. Тез. докл. 3 Межд. конф.- С.-Петербург, 28-31мая 1996 г. Сыктывкар, 1996.- С. 187-189.
4. De Vries W., Bakker D. J. Manual for calculating critical loads of heavy metals for soils and surface waters // DLO Winand Starting Centre. Report № 114.- 1996.
5. Wiltter E. Heavy metal concentrations in agricultural soils critical to microorganisms. Swedish Environmental Protection Agency. Report № 4079.- 1992.
6. Микроорганизмы и охрана почв /Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 206 с.
7. Макаренко Н.А., Кавецький В.М., Козьякова Н.О. Розробка принципів інтегральної класифікації важких металів з метою оцінки ступеню їх небезпечності в агроландшафтах // Аграрний вісник Причорномор'я. Сільськогосподарські науки, 1999.- № 3(6).- Ч. 1.- С. 43-46.
8. Звягинцев Д.Г., Асеева И.В., Бабьева И.П., Мирчинк Т.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. - М.: Изд-во МГУ. – 1980. – 222 с.
9. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. - М.: Наука, 1976. – 180 с.
10. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. - М.:Изд-во МГУ, 1989. – 336 с.
11. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. – Ереван, 1974. – С. 30 – 31.
12. Андреюк К.І., Іутинська Г.А., Антипчук А.Ф., Валагурова О.В., Козирицька В.Є., Пономаренко С.П. Функціонування мікробних ценозів грунту в умовах антропогенного навантаження. – К.: Обереги, 2001. – 240 с.