

О. В. Сыщикова¹, Д. В. Сыщиков², Н. В. Жадинский¹

ИЗМЕНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА МИКРОБОЦЕНОЗА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

¹Государственная образовательная организация высшего профессионального образования «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького»

²Государственное учреждение «Донецкий ботанический сад»

В статье приведены результаты исследований по влиянию комплекса тяжелых металлов на динамику численности почвенных микроорганизмов чернозема обыкновенного. Показано, что поступление токсикантов в зональную почву приводит к существенному изменению общего количества микроорганизмов. Формирование стабильного микробоценоза с восстановлением общего количества микроорганизмов до контрольного уровня при действии токсикантов в концентрации 1 и 5 ПДК отмечается в течение первого месяца. Внесение в чернозем обыкновенный смеси тяжелых металлов в концентрации 15 ПДК приводило к формированию стабильно функционирующего ценоза в течение двух месяцев. Отмечено, что действие высоких концентраций тяжелых металлов приводит к более существенным изменениям ценоза актиномицетов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, микробоценоз, актиномицеты, устойчивость

Введение

Тяжелые металлы относятся к приоритетным поллютантам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах, а загрязнение ими эдафотопов представляет глобальную опасность, поскольку они поступают в почвы в виде окислов или солей, обладающих наибольшей миграционной активностью [1-3]. Имея ярко выраженную катионную поглотительную способность, почва очень хорошо удерживает положительно заряженные ионы металлов. Поэтому постоянное поступление этих соединений, даже в малых количествах, в течение продолжительного времени способно привести к их существенному накоплению в гумусированном биологически-активном слое [4]. Высокое содержание тяжелых металлов отрицательно влияет на почвенную микрофлору, особенно на первичные продуценты – микроводоросли и цианобактерии, жизнедеятельность которой во многом обуславливает плодородие почвы [5, 6].

В загрязненной почве микробные сообщества способны приспосабливаться к повышенно-

му содержанию токсических веществ. Высокие концентрации тяжелых металлов, на один-два порядка превышающие фоновые, играют роль селективного фактора, в результате чего происходят изменения целой группы микробиологических показателей, а в сообществах преобладают микроорганизмы устойчивые к этому загрязнению, преимущественно микромицеты [7, 8]. Исследованиями Г. А. Иутинской и З.В. Петруши показано, что микробные сообщества серых оподзоленных почв Левобережья Украины характеризуются высокой потенциальной резистентностью к загрязнению тяжелыми металлами [5]. Однако, недостаточно изученным является влияние загрязнения чернозема обыкновенного тяжелыми металлами на количественный состав почвенного микробоценоза. Поэтому, исследования в этом направлении приобретают особую актуальность в крупных промышленных регионах.

Цели и задачи исследований

Целью данной работы является изучение воздействия смеси тяжелых металлов (Cd^{2+} , Fe^{2+} ,

Ni^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} и Zn^{2+}) на микрофлору чернозема обыкновенного.

Объекты и методики исследований

Объектом исследования являлась зональная почва (чернозем обыкновенный) отобранная из слоя почвы 0-15 см в балке Северная Червоная (г.Кривой Рог). В условиях лабораторного модельного эксперимента загрязнение почвы осуществляли путем внесения в опытные емкости с почвой водного раствора смеси солей тяжелых металлов, относящихся к первому (Cd^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) и второму (Ni^{2+} , Cu^{2+}) классу опасности. Содержание каждого из используемых токсикантов в почве составляло 1, 5 и 15 предельно допустимых концентраций (ПДК), минимальная, средняя и максимальная концентрации соответственно [9]. Контролем служила зональная почва (чернозем обыкновенный) без внесения тяжелых металлов. Отбор проб проводили непосредственно после внесения тяжелых металлов в почву (1 сутки), на 30 и 60 сутки эксперимента.

Общую численность микроорганизмов и количество актиномицетов учитывали на крахмало-аммиачном агаре (КАА). Посев микроорганизмов проводили общепринятым методом разведений почвенной суспензии на плотную агаризованную среду в чашках Петри, подсчет выполняли визуально на 7-10-е сутки исследований [10, 11].

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась по общепринятым методам параметрической статистики на 95% уровне значимости [12].

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенные исследования позволили установить, что на начальном этапе стрессового воздействия изменения численности микрооргани-

мов в загрязненной почве по сравнению с контролем не наблюдалось. Однако в течение месяца нами отмечено статистически достоверное увеличение их численности на 15% в почве с минимальным уровнем загрязнения (табл.). Наряду с этим, в почве с концентрацией тяжелых металлов 5 ПДК существенных изменений общего количества микроорганизмов не наблюдалось, а при концентрации 15 ПДК отмечено статистически достоверное уменьшение их численности на 34% по сравнению с зональной почвой. Полученные данные свидетельствуют, что уже на начальном этапе воздействия, тяжелые металлы в высоких концентрациях проявляют наибольшее угнетающее действие на почвенный микробоценоз.

На 60 сутки эксперимента зафиксировано увеличение количественного состава почвенной микрофлоры. Так, в почве с концентрацией токсикантов 1 и 5 ПДК общее количество микроорганизмов возрастает в 1,3 и 2,4 раза, а в почве с максимальным уровнем загрязнения – в 1,5 раза по сравнению с контролем (рис.).

Показанное увеличение количества микроорганизмов, скорее всего, вызвано повышением доли участия в микробоценозе устойчивых к действию тяжелых металлов форм микроорганизмов. Анализ полученных данных позволяет сделать предположение, что действие тяжелых металлов в низких концентрациях в течение месяца приводит к формированию устойчивого микробоценоза, тогда как при высоких концентрациях это происходит к 60 суткам.

Определение доли участия актиномицетов в структуре комплекса микроорганизмов, растущих на КАА, показало, что на начальном этапе стрессового воздействия тяжелых металлов процент актиномицетов от общего количества

Таблица – Общее количество микроорганизмов на КАА чернозема обыкновенного при действии смеси тяжелых металлов (млн КОЕ/г почвы)

Вариант опыта	1 сутки		30 сутки		60 сутки	
	$M \pm m$	t_{st}	$M \pm m$	t_{st}	$M \pm m$	t_{st}
Контроль	$5,39 \pm 0,49$	—	$7,2 \pm 1,15$	—	$3,04 \pm 0,43$	—
1 ПДК смеси тяжелых металлов	$6,99 \pm 0,15$	3,12	$8,28 \pm 0,69$	0,81	$3,93 \pm 0,29$	1,72
5 ПДК смеси тяжелых металлов	$6,89 \pm 0,74$	1,69	$7,44 \pm 0,23$	0,20	$7,19 \pm 1,11$	3,49
15 ПДК смеси тяжелых металлов	$6,57 \pm 0,39$	1,88	$4,75 \pm 0,23$	2,09	$4,82 \pm 0,42$	2,96

ИЗМЕНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА МИКРОБОЦЕНОЗА

уменьшается с увеличением концентрации токсикантов в почве (рис.). Воздействие тяжелых металлов в течение месяца привело к увеличению числа актиномицетов на 14,4% в почве с минимальным уровнем загрязнения по сравнению с зональной почвой. В почве с концентрацией тяжелых металлов 5 ПДК их количество соответствовало контролю и составило 3,72 млн/г абс. сухой почвы. При действии смеси

тяжелых металлов в максимальной концентрации наблюдается уменьшение доли актиномицетов на 26,7% по сравнению с контролем. Этот факт может объясняться тем, что тяжелые металлы в незначительных концентрациях могут использоваться микроорганизмами как необходимые элементы жизнедеятельности клетки и, следовательно, ускорять их рост.

На 60 сутки эксперимента в почве с концен-

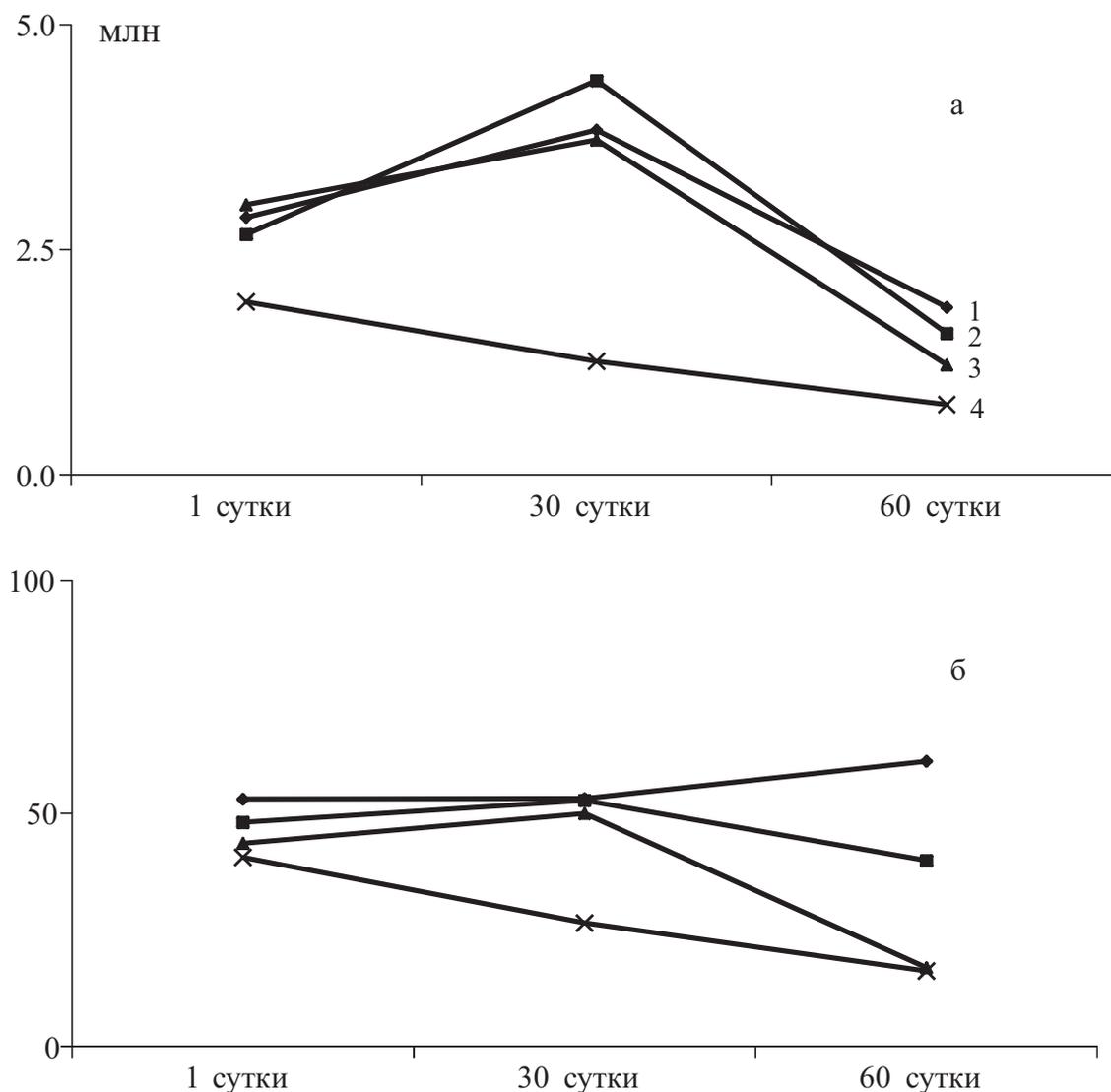


Рис. Количество актиномицетов (млн КОЕ/г почвы) (а) и их процент от общего количества микроорганизмов (б) в почве модельного эксперимента с тяжелыми металлами: 1 – контроль, 2 – 1 ПДК смеси тяжелых металлов, 3 – 5 ПДК смеси тяжелых металлов, 4 – 15 ПДК смеси тяжелых металлов

Fig. Quantity of actinomycetes (mln CFU/g soil) (a) and their percentage from the total of microorganisms (b) in the soil of a model experiment with heavy metals: 1 – control, 2 – 1 MAC of heavy metals mixture, 3 – 5 MAC of heavy metals mixture, 4 – 15 MAC of heavy metals mixture

трацией токсикантов 1 ПДК значительных изменений в количестве актиномицетов по сравнению с зональной почвой не наблюдалось. Наряду с этим в почве со средним и максимальным уровнем загрязнения отмечено уменьшение их количества на 34,4 и 58,1% соответственно. Это, скорее всего, свидетельствует о том, что в течение двух месяцев не происходит формирования резистентных к этим токсикантам форм актиномицетов.

Выводы

Таким образом, поступление тяжелых металлов в чернозем обыкновенный приводит к существенному изменению общего количества микроорганизмов. При внесении токсикантов в концентрации 1 и 5 ПДК уже в течение первого месяца происходит формирование стабильно функционирующего микробсообщества, свидетельством чего является отсутствие статистически достоверных различий в данных вариантах опытов как общего количества микроорганизмов, так и численности актиномицетов по сравнению с контролем. При действии смеси тяжелых металлов в концентрации 15 ПДК формирование стабильного ценоза происходит в течение двух месяцев. Наряду с этим, действие высоких концентраций тяжелых металлов приводит к более существенным изменениям ценоза актиномицетов (их численность не восстанавливается даже через два месяца после внесения токсикантов).

1. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
Ilyin V.B. Tyazhelye metally v sisteme pochva-rasteniye [Heavy metals in soil-plant system]. Novosibirsk: Nauka, 1991. 151 p.
2. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627 с.
Alekseenko V.A. Ekologicheskaya geokhimiya [Ecological geochemistry]. Moscow: Logos, 2000. 627 p.
3. Coby S.C., Wong X.L., Thornton I. Urban environmental geochemistry of trace metals // *Environmental Pollution*. 2006. Vol. 142. P. 1–16.
4. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
Alekseev Yu.V. Tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh [Heavy metals in soils and plants]. Leningrad: Agropromizdat, 1987. 142 p.
5. Іутинська Г.О., Петруша З.В. Резистентність ґрунтових мікроорганізмів до забруднення ґрунтів важкими металами // *Мікробіологічний журнал*. 1999. Т. 61, № 5. С. 72–77.
Iutynska G.O., Petrusha Z.V. Rezistentnist ґruntovykh mikroorganizmiv do zabrudnennya ґruntiv vazhkymy metallamy [Resistance of soil microorganisms to pollution of soils by heavy metals] // *Mikrobiologicheskij zhurnal*. 1999. Vol. 61(5). P. 72–77.
6. Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере / Г.В. Добровольский, И.П. Бабьева, Л.Г. Богатырев и др. / Отв. ред. Г.В. Добровольский. М.: Наука, 2003. 364 с.
Strukturno-funktsionalnaya rol pochv i pochvennoy bioty v biosfere [Structural and functional role of soils and soil biota in the biosphere] / G.V.Dobrovolskiy, I.P. Babyeva, L.G. Bogatyrev et al / Ed. G.V.Dobrovolskiy. Moscow: Nauka, 2003. 364 p.
7. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микробную систему чернозема // *Почвоведение*. 1991. № 4. С. 505–511.
Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Valkov V.F. Vliyaniye zagryazneniya tyazelymi metallami na mikrobnuyu sistemu chernozema [Influence of heavy metals pollution on the microbic system of the chernozem] // *Pochvovedeniye*. 1991. N 4. P. 505–511.
8. Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р., Суюндуков Я.Т. Изучение эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов в зоне влияния горнорудного производства // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 1–2. С. 410–414.
Semenova I.N., Ibulova G.R., Suyundukov Ya.T. Izucheniye ekologo-troficheskikh grupp pochvennikh mikroorganizmov v zone vliyaniya gornorudnogo proizvodstva [Studying of ecological-trophic groups of soil microorganisms in a zone of mining production influence] // *Fundamentalnyye issledovaniya*. 2011. N 1–2. P. 410–414.
9. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. 19 с.
SanPiN 2.1.7.1287-03. Sanitarno-epidemiologicheskiye trebovaniya k kachestvu pochvy. M.: Federalnyy tsentr gigiyeny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2005. 19 p.
10. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во

- МГУ, 1991. 304 с.
Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii [Methods of soil microbiology and biochemistry] / pod. red. D.G. Zvyagintseva. Moscow: Izd-vo MGU, 1991. 304 p.
11. *Руководство к практическим занятиям по микробиологии* / Под ред. Н.С. Егорова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 224 с.
Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po mikrobiologii [The guide to a practical training to microbiology] / Ed. N.S. Egorova. Moscow: Izd-vo MGU, 1995. 224 p.
12. *Єгоршин О.О., Лісовий М.В. Математичне планування польових дослідів та статистична обробка експериментальних даних.* Харків: Вид-во Ін-ту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського, 2005. 193 с.
Egorshin O.O., Lisovy M.V. Matematychnе planuvannya polyovykh doslidiv ta statystychna obrobka eksperymentalnykh danykh. [Mathematical Planning of Field Experiments and Statistical Handling of Experimental Data]. Kharkov: Vyd-vo O.N. Sokolovsky Institute of Soil Sciences and Agrochemistry, 2005. 193 p.

Поступила в редакцію 06.03.2018

UDC 574.24:579.26

CHANGE OF QUANTITATIVE COMPOSITION OF MICROBOCENOSIS OF THE COMMON BLACK SOIL UNDER THE INFLUENCE OF HEAVY METALS

O. V. Syshchykova¹, D. V. Syshchykov², N. V. Zhadinsky¹

¹*State Educational Organization of Higher Professional Education*

«M. Gorky Donetsk National Medical University»

²*Public Institution «Donetsk Botanical Garden»*

The article presents the results of research on influence of a heavy metals complex on dynamics of soil microorganisms' number of the chernozem usual. It is shown that toxicants receipt to the zonal soil leads to essential change of total number of microorganisms. Formation of a stable microbocenosis with restoration of total number of microorganisms to control level at toxicants action in concentration of 1 and 5 MAC is noted within the first month. Application of 15 MAC concentration of heavy metals complex to the chernozem usual led to formation of steadily functioning cenosis within two months. It is noted that action of heavy metals high concentrations leads to more essential changes in actinomycetes cenosis.

Key words: heavy metals, microbocenosis, actinomycetes, stability