

УДК 581.524

АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ КОРНЕВИЩАМИ РАСТЕНИЙ ПИОНА ПРИ ТЕХНОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПОЧВЕННЫЙ ЦЕНОЗ

Д. А. ПОСТНИКОВ, Л. В. ПРОХИН

(Кафедра экологии)

Прогресс в техногенном развитии общества создал не только новые возможности в хозяйственной деятельности, но и привел к возникновению и обострению различных проблем в структурных компонентах экосистем. В условиях техногенеза многие технологии оказались в жестких рамках ограничений из-за негативных последствий на природные комплексы и здоровье человека. Загрязнение экосистем приняло угрожающие масштабы, особенно загрязнение почв.

Для снижения токсического действия, например, подвижных форм тяжелых металлов в системе почва — растение применяют цеолиты, известь, фосфорные удобрения, органику, используют сидерацию и т. п. [5]. Существующие способы, однако, не позволяют снизить валовое содержание токсикантов в почве, а следовательно, не являются экологическими при долговременном применении.

В задачу прикладной экологии в настоящее время входит

также поиск эффективных способов снижения концентрации различных загрязнителей почвенных экосистем [3]. Перспективным направлением при разработке экологических мероприятий может стать разработка приемов биологической санации (очистки) техногенно загрязненных территорий с целью уменьшения критических концентраций тяжелых металлов в почвенных ценозах, в частности, использование гипераккумуляторов. Использование последних в практической экологии было предложено еще в 80-е годы, но в то время проблема экологического состояния почвенных ценозов еще не имела большого значения и поэтому активных исследований по данной тематике не проводилось. К проблеме состояния почвенных ценозов и разработке перспективных способов санации вернулись через 20 лет. Установлено, что растения семейства крестоцветных могут накапливать свинец в концентрации от 200 до 1600 мг/кг сухой мас-

сы в зависимости от начальной концентрации свинца в почве [2].

Цель настоящей работы — изучение аккумуляции тяжелых металлов корневищами растений пиона.

Методика

Опыт проводился на территории ГБС РАН в 1998-2000 гг., в течение 3-летнего цикла роста и развития растений пиона молочно-цветкового (*Paeonia lactiflora* Pall.). Модельный участок расположен на расстоянии 50 м от автомобильной магистрали. Было высажено по 60 растений в 3 повторностях. Концентрацию тяжелых металлов определяли в образцах пахотного (0-15 см) и подпахотного (15-30 см) слоев перед посадкой пионов и после выкопки корневищ. Почвенные образцы, доведенные до воздушно-сухого состояния, измельчали и просеивали сквозь сито с диаметром отверстий 2 мм. Для характеристики комплексного элементного состава почв использовали 1 н. вытяжку HCl (извлекали элементы, входящие в состав труднорастворимых и мобильных соединений почвы, характеризующие потенциальный запас элемента в почве) и вытяжку ацетатно-аммонийного буфера при pH 4,8 (извлекали обменные и растворимые в слабых кислотах формы элементов). Последняя вытяжка характеризовала легкодоступный запас элемента в почве.

Анализ воздушно-сухого образца растительного мате-

риала проводили после сушеного озоления и растворения золы в равной смеси (1:1) 10% растворов HCl и HNO₂ [4]. В дальнейшем все пробы подвергали атомно-абсорбционному анализу на содержание в них тяжелых металлов — Zn, Si, Ni, Pb и Cd — на приборе AACZ-6000 фирмы «Хитачи».

Основные агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы определяли по стандартным методикам [4]. В почвенных образцах, взятых с опытных участков, содержание гумуса составляло 11,4; P₂O₅ — 34 мг, K₂O — 30,5 мг на 100 г, рН_{КСИ} — 6,15, т. е. почвы ГБС можно отнести к дерново-подзолистым почвам с высокой степенью окультуренности.

По данным биометрических наблюдений в течение всей активной вегетации растения пиона не проявляли токсических реакций, их линейные размеры (120 см) и число цветков на растении соответствовали стандарту (15 шт.). В ходе полевых исследований выявлено, что содержание тяжелых металлов (марганца, цинка, меди, никеля, свинца и кадмия) в почвах опытных участков значительно превышает фоновые значения, характерные для дерново-подзолистых почв, но не достигают ОДК ориентировочно-допустимая концентрация) по данным элементам [7].

Анализ данных (табл. 1) о валовом содержании тяжелых металлов показал, что почвы ГБС не являются загрязненными, а расчет суммарного пока-

Валовое (1) и подвижное (2) содержание тяжелых металлов (ГБС, 1998 г.) под чистым паром (без растений) и в верхнем (0-15 см) слое почвы (мг/кг сухой почвы) [7]*

Вариант	Медь	Цинк	Свинец	Никель	Кадмий	Zc
1	22,77	83,33	24,55	11,77	0,73	3,6
2	0,35	16,80	0,72	0,02	0,19	—
Фон* (кларк)	20	50	10	40	0,5	—
ОДК*	55	100	30	85	1	—

зателя загрязнения (Zc) дает основание заключить, что почва относится к первой категории загрязнения.

Ряд металлов (железо, магний, цинк, медь) жизненно необходимы растениям, так как они катализируют процессы синтеза органических соединений, входят в состав ферментов и других биологически активных соединений. Их недостаток в почве вызывает нарушение обмена веществ в растительном организме и приводит к снижению продуктивности, ухудшению декоративных качеств растений и поражению их заболеваниями. Но высокие концентрации этих же элементов в почве создают условия, при которых почва уже не в состоянии полностью выполнять функции основной жизненной среды для высших наземных растений, вследствие чего начинается процесс деградации в системе почва — растение, отражающийся в дальнейшем на всех структурных компонентах пограничных экосистем. В наших исследованиях в результате 3-летнего биологического цикла расте-

ний пиона существенно снизилось валовое содержание тяжелых металлов в почве опытного участка (табл. 2), особенно меди и цинка (табл. 3).

На основании полученных результатов можно заключить, что растениями пиона наиболее активно из почвы поглощаются следующие 5 микроэлементов (в порядке возрастания): Cd, Pb, Zn, Ni, Cu.

По-видимому, растения пиона выделяют в ризосферную зону различные органические кислоты и таким образом способствуют растворению сложных комплексов, в состав которых могут входить трудно-растворимые соединения различных металлов. В настоящее время установлено, что корни пиона уклоняющегося содержат физиологически активные соединения [6]. Многократное превышение (см. табл. 3) концентраций тяжелых металлов, поглощенных корневой системой пиона, по сравнению с уровнем подвижных форм данных элементов в почвах ГБС дает основание предположить, что растения пиона можно отнести к гипераккумулянтам.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов (после 3-летнего цикла выращивания ниона) в почве опытного поля (мг/кг воздушно сухой почвы), ГБС, 2000 г.

Элемент	Почва 0–15 см		Почва 15–30 см	
	0,1 н. НСl	ацетатно-аммонийный буфер	0,1 н. НСl	ацетатно-аммонийный буфер
Железо	2017,0	9,9	1916,0	11,85
Марганец	207,0	28,5	186,0	22,15
Цинк	53,0	13,65	43,0	13,2
Медь	15,97	0,14	14,96	0,15
Стронций	38,51	32,59	34,01	26,05
Кобальт	2,29	0,01	2,39	0,01
Никель	4,65	0,01	4,195	0,01
Свинец	14,395	0,43	12,945	0,08
Кадмий	0,58	0,22	0,56	0,231

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов (мг/кг сухого вещества) в корнях ниона. (ГБС, 2000 г.)

Показатель	Никель	Цинк	Медь	Кадмий	Свинец
Содержание в корнях	1,058	36,15	22,72	0,235	8,968
K*	52,9	2,15	65,00	1,21	1,4

*K (коэффициент биологического поглощения тяжелых металлов — содержание тяжелого металла в растениях / содержание тяжелого металла в почве (подвижная форма, 1998).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вадковская О. А. — Тр. почв, ин-та им. В. В. Докучаева. 1955, т. 46, с. 78-135. — 2. Душенков В., Раскин И. — Химия и жизнь в 21 веке, 1999, вып. 11-12, с. 48-49. — 3. Ильин Б. Тяжелые металлы в системе почва — растение. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1989. — 4. Минеев В. Г. и др. Практикум по агрохимии. М.:

МГУ, 1989. — 5. Минеев В. Г. и др. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос, 1993. — 6. Осадчий С. А., Черняк М. М., Шакиров Э. Э. и др. — Химия в интересах устойчивого развития, СО РАН, 2000, т. 8, № 3. — 7. Рьибальский Н. Г., Жакетов О. Л. и др. Экологические аспекты экспертизы изобретений. Ч. 1. М.: ВНИИПИ, 1989.

Статья поступила
19 июля 2002 г.