

УДК 633.88:631.95

Е.К. Еськов
М.Д. Еськова

E.K. Es'kov
M.D. Es'kova

АККУМУЛЯЦИИ СВИНЦА И КАДМИЯ РАЗНЫМИ ОРГАНАМИ *TARAXACUM OFFICINALE* WIGG.

ACCUMULATIONS OF LEAD AND CADMIUM RAZNYMI BODIES OF A *TARAXACUM OFFICINALE* WIGG.

Методом атомно-адсорбционной спектрометрии определяли зависимость поверхностного загрязнения одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) свинцом и кадмием от удаленности до интенсивного источника загрязнения – загруженной автотрассы. Установлены связи между общей и поверхностной загрязненностью растений. Показано нарушение прямой связи между содержанием свинца в подземных и надземных органах вблизи источника интенсивной эмиссии этого поллютанта.

Тяжелые металлы (ТМ), накапливаясь в почве и распространяясь по трофическим цепям, представляют все возрастающую угрозу для нормального функционирования природных и антропогенных экосистем. Угроза заключается в том, что удаление ТМ из почвы происходит медленно, в ходе ее выщелачивания и эрозии, а также в результате извлечения растительностью. Соответственно видовой специфике растения отличаются по избирательности аккумуляции ТМ. Например, одуванчик активно аккумулирует железо, а полынь - марганец и никель (Башмаков, Лукаткин, 2002). Эффективность поглощения ТМ корнеплодами моркови распределяется в следующем порядке: $Zn > Cu > Pb > Cd$. Но разные органы одних и тех же растений поглощают неодинаковое количество поллютантов. У картофеля наибольшей активностью поглощения свинца и кадмия отличается ботва (Ефоакондза, Кузнецов, 2002). Концентрация ТМ у ржи и ячменя убывает от листьев к корням, стеблям и семенам, а у тритикале и пшеницы – от листьев к семенам и стеблям (Angelova, Ivanova, Ivanov, 2003).

Наличие связи между содержанием ТМ в окружающей среде и растениях обуславливает их использование в качестве индикаторов загрязненности природных и антропогенных ландшафтов. Но использование растений в системе экологического мониторинга осложняется тем, что поглощение ими ТМ зависит и от загрязненности почвы (Титов, Лайдинен, Казнина, 2002), и воздушной среды (Мажайский и др., 2003). Загрязняющие вещества, поглощаемые из почвы, аккумулируются в клетках и тканях. Вещества, осаждающиеся на поверхность вегетативных и генеративных органов растений, могут частично смываться дождями (Еськов, Еськова, Рыбочкин, 2012). Но наличие в дождевой воде химических веществ может дополнять и/или изменять атмосферное загрязнение растений.

В задачу настоящего исследования входило изучение связи между накоплением свинца и кадмия на поверхности и в тканях различных органов растений в зависимости удаленности от автомагистрали.

Исследование выполнено на дикорастущем лекарственном одуванчике (*Taraxacum officinale* Wigg.). Разные органы растений отбирали в период их цветения на расстоянии от 5 до 10000 м от автотрассы, загруженность которой в дневное время составляла около 700 автомобилей в течение часа. В ночное время интенсивность потока автотранспорта снижалась примерно в 10 раз. Скорость движения автомобилей в основном не выходила за пределы 40–90 км/ч.

У одуванчика отбирали листья, цветки и корни. Половину отобранных проб надземных органов промывали в течение 15 мин в дистиллированной, а затем в деионизированной воде. Это позволяло дифференцировать тканевое (внутреннее) и поверхностное накопление растениями анализируемых элементов. В промытых и не промытых растениях раздельно анализировали содержание свинца и кадмия.

Процесс подготовки проб к анализу заключался в их высушивании до постоянной массы и минерализации. Полную минерализацию проб проводили в герметически закрытых реактивных камерах аналитического автоклава (МКП-04) смесью азотной кислоты и пероксида водорода в соответствии с МУК 4.1.985–00 и МИ 2221–92. Минерализаты переводили на требуемый объем деионизированной водой.

Содержание свинца в минерализатах определяли методом атомно-адсорбционной спектрометрии. Для этого использовали спектрометр КВАНТ–Z.ЭТА («КОРТЭК»). В анализаторе этого типа перевод пробы в состояние атомного пара происходит в графитовой трубчатой электротермической печи, нагреваемой до

температуры атомизации анализируемого элемента. В нее микропипеткой вводили пробы анализируемых веществ объемом 5 мкл.

Таблица 1

Загрязнения корней одуванчика в зависимости от расстояния до автомагистрали

Расстояние от автотрассы, м	Элементы	
	Pb, мг/кг	Cd, мкг/кг
5	1,291 ± 0,221	257,7 ± 24,3
20	1,771 ± 0,273	164,2 ± 15,6
~500	0,958 ± 0,111	159,3 ± 18,1
~1000	0,661 ± 0,068	138,9 ± 12,3
~10000	0,649 ± 0,047	140,9 ± 14,6

Установлено, что накопление свинца корнями одуванчика, произрастающего вблизи автотрассы, при удалении с 5 до 20 м возрастало в 1,37 раза ($P \approx 0,9$), а при большем удалении значительно уменьшалось. Увеличению расстояния от 20 до 500 и 1000 м сопутствовало уменьшение содержания свинца в корнях в 1,85 и 2,68 раза ($P \geq 0,99$). Корни растений на расстоянии 1 и 10 км от трассы не имели достоверных отличий по накоплению свинца (табл. 1).

Содержание кадмия в корнях меньше, чем свинца, зависело от расстояния до трассы. Наибольшее уменьшение кадмия отмечалось при увеличении расстояния с 5 до 20 м. Такому изменению расстояния сопутствовало уменьшение элемента в 1,57 раза ($P \approx 0,9$). Дальнейшее увеличение расстояния до трассы не существенно влияло на уменьшение накопления элемента, а на расстояниях 1 и 10 км различия не выходили за пределы ошибки среднего арифметического значения (табл. 1).

Таблица 2

Накопление свинца и кадмия одуванчиком в зависимости от расстояния до автомагистрали

Расстояние до трассы, м	органы	Накопление			
		суммарное		тканевое	
		Pb, мг/кг	Cd, мкг/кг	Pb, мг/кг	Cd, мкг/кг
5	листья	1,78 ± 0,323	218 ± 17,2	0,81 ± 0,021	106 ± 21,2
	цветки	4,72 ± 0,075	1322 ± 16,4	1,75 ± 0,087	79,5 ± 13,1
20	листья	1,10 ± 0,197	186 ± 12,3	0,43 ± 0,117	91,4 ± 14,4
	цветки	2,61 ± 0,518	66,1 ± 4,4	0,93 ± 0,059	41,7 ± 6,5
~500	листья	0,65 ± 0,119	168 ± 25,2	0,40 ± 0,044	128 ± 19,3
	цветки	1,29 ± 0,074	140 ± 11,6	0,73 ± 0,036	114 ± 22,1
~1000	листья	0,51 ± 0,081	184 ± 12,3	0,36 ± 0,033	144 ± 25,4
	цветки	0,88 ± 0,056	76,5 ± 6,1	0,647 ± 0,062	56,6 ± 13,1
~10000	листья	0,40 ± 0,077	73,8 ± 8,3	0,31 ± 0,016	60,2 ± 12,9
	цветки	0,58 ± 0,057	39,6 ± 3,7	0,51 ± 0,091	32,1 ± 4,8

Накопление свинца и кадмия на поверхности цветков и листьев одуванчика уменьшалось соответственно увеличению расстояния от трассы (табл. 2). Процентная доля свинца, накапливаемого на поверхности листьев, от общего его количества аккумулируемого этими органами на расстояниях 5, 20, 500, 1000 и 10000 м равнялась, соответственно, 54,6; 60,8; 39,1; 29,2 и 22,4 %, а кадмия – 51,1; 50,9; 34,6; 21,8 и 18,4 %.

Цветки имели сходную с листьями динамику изменения поверхностного накопления анализируемых элементов в зависимости от расстояния до трассы. Процентная доля свинца на поверхности цветков от его общего количества, поглощенного в 5–20 м от трассы, варьировала в пределах 63–64 %. С увеличением расстояния от трассы до 500, 1000 и 10000 м доля поверхностного накопления этого элемента уменьшалась, соответственно, до 43,4; 26,3 и 12,2 %. Поверхностное накопление кадмия в 5–20 м от трассы находилось в

пределах 36,9–39,7 %, а в 500–10000 м уменьшалось до 18,9–26 % (табл. 2).

Заключение

Общее накопление свинца и кадмия вегетативными и генеративными органами растений зависело от расстояния до интенсивного источника эмиссии этих элементов – автомагистрали. Коэффициент корреляции между расстоянием от автомагистрали и накоплением свинца корневой системой равнялось -0,54; листьями – -0,48 и цветками – -0,49.

Поверхностное накопление анализируемых элементов надземными органами растений находилось в прямой зависимости от расстояния до автомагистрали. На 500-метровом и большем удалении от нее поверхностное накопление свинца и кадмия листьями и цветками одуванчика составляло около 20 % от общего накопления этих элементов надземными органами растений. В аналогичной экологической ситуации с приближением к загруженной автомагистрали до 5–20 м поверхностное накопление поллютантов возрастало примерно втрое.

Вблизи автомагистрали цветки одуванчика превосходили листья по интенсивности поверхностного накопления свинца. Уменьшению общей загрязненности надземных органов растений с удалением от загрязнителя сопутствовало относительное уменьшение поверхностного загрязнения цветков. В относительно незагрязненных ландшафтах листья превосходили цветки по поверхностному загрязнению свинцом.

ЛИТЕРАТУРА

Башмаков Д.И., Лукаткин А.С. Аккумуляция тяжелых металлов некоторыми высшими растениями в разных условиях местообитания // *Агрохимия*, 2002. – № 9. – С. 66–71.

Еськов Е.К., Еськова М.Д., Рыбочкин А.Ф. Изменение загрязнения цветков красного клевера после дождя // *Известия Юго-западного гос. ун-та*, 2012. – № 2, Ч. 2. – С. 190–193.

Ефоакондза Д., Кузнецов А.В. Вынос тяжелых металлов овощными культурами в звене севооборота // *Агрохим. вестник*, 2002. – № 4. – С. 39–40.

Мажайский Ю.А., Торбатов С.А., Дубенок Н.Н., Пожогин Ю.П. Агроекология техногенно-загрязненных ландшафтов. – Смоленск: Маджента, 2003. – 384 с.

Титов А.Ф., Лайдинен Г.Ф., Казнина Н.М. Влияние высоких концентраций кадмия на рост и развитие ячменя и овса на ранних этапах онтогенеза // *Агрохимия*, 2002. – № 9. – С. 61–65.

Angelova V., Ivanova R., Ivanov K. Uptake and distribution of Pb, Cu, Zn and Cd in cereal crops, grown in industrially polluted region // *Bulg. J. agr.*, 2003. – V. 9, № 5/6. – P. 665–672.

SUMMARY

A method atom-adsorption spectrometry determined dependence of superficial lead and cadmium pollution *Taraxacum officinalis* Wigg. from remoteness up to an intensive source of pollution – the loaded highway. Connections between the general and superficial impurity of plants are established. Infringement of a direct communication between the contents of lead in underground and elevated bodies near to a source of intensive issue of it pollutant is shown.