

## АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ЯБЛОНЕЙ ДИКОЙ (MALUSSYLVESTRIS) В УСЛОВИЯХ г. БУЗУЛУКА

С ростом урбанизации происходит изменение городской среды, которая во многих отношениях отличается от природной. Тяжелые металлы занимают особое положение, поскольку, не подвергаясь физико-химической или биологической деградации, накапливаются в поверхностном слое почв и изменяют их свойства, в течение длительного времени остаются доступными для корневого поглощения растениями и активно включаются в процессы миграции по трофическим цепям.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, яблоня дикая, устойчивость, аккумуляция.

Химический состав растений, как известно, отражает элементный состав почв. Поэтому избыточное накопление ТМ растениями обусловлено, прежде всего, их высокими концентрациями в почвах. В своей жизнедеятельности растения контактируют только с доступными формами ТМ, количество которых, в свою очередь, тесно связано с наличием органического вещества и буферностью почв. [1] Однако, способность почв связывать и инактивировать ТМ имеет свои пределы, и когда они уже не справляются с поступающим потоком металлов, - важное значение приобретает наличие у самих растений физиолого-биохимических механизмов, препятствующих их поступлению.

Механизмы устойчивости растений к избытку ТМ могут проявляться по разным направлениям: одни виды способны накапливать высокие концентрации ТМ, но проявлять к ним толерантность; другие стремятся снизить их поступление путем максимального использования своих барьерных функций.

Для большинства растений барьерным уровнем являются стебли и листья, и, наконец, - органы и части растений, отвечающие за воспроизводительные функции (чаще всего семена и плоды, а также корне- и клубнеплоды и др.). Важное место при исследовании влияния тяжелых металлов на растения занимает изучение процессов их поглощения и передвижения. [4, 5] Растения способны поглощать из окружающей среды в больших или меньших количествах практически все химические элементы. Однако с позиции минерального питания тяжелые металлы можно разделить на две группы:

1) необходимые в незначительных концентрациях для метаболизма растений (Fe, Cu, Zn,

Mn, Mo), которые становятся токсичными, если их содержание превышает определенный уровень;

2) металлы, не участвующие в метаболизме растений (Pb, Cd, Hg), которые токсичны даже в очень низких концентрациях.

Важнейшим фактором, определяющим поведение ТМ в почве и их доступность для растений, является органическое вещество. Органические вещества почв и в первую очередь гумус способны образовывать с ТМ различные по растворимости комплексы, поэтому способность почв связывать металлы или содержать их в растворенном виде во многом зависит от качества и количества органического вещества. И здесь важное значение имеет соотношение массовых долей: органическое вещество / металл.

Органические вещества заметно различаются по способности к взаимодействию с ТМ. Медь, цинк, свинец и марганец образуют комплексы с гуминовыми кислотами более стабильные органоминеральные комплексы, чем с фульвокислотами. Обе кислоты часто обнаруживают большее сродство к меди и свинцу, чем к железу и марганцу.

Металлы, связанные в комплексы с фульвокислотой, более доступны для корней растений, чем комплексы ТМ с гуминовыми кислотами, которые могут быть как водно-растворимые, так и нерастворимые. [2]

Исследования влияния Бузулукского бора на свойства почв и растения окружающих его территорий показали, что вокруг соснового леса (расположенного в северной степи, в подзоне обыкновенных черноземов) под влиянием особого, «лесного» мезоклимата формируются специфические условия почвообразования и образуются ареалы черноземов типичных в виде

опоясывающей бор полосы шириной до 20 км. Произошла локальная, экологически обусловленная почвенно-географическая инверсия, в результате которой лесостепь с черноземами типичными соседствует с черноземами южными засушливой степи [7]. В некоторой степени влияние бора распространяется и на урбанизированные ландшафты города.

Цель исследования сводилась к изучению содержания и особенностей накопления некоторых тяжелых металлов в почвах и вегетативных и генеративных органах яблони дикой (*Malussylvestris*) в условиях города Бузулука.

В число объектов исследования были определены проводящие ткани (стебель), плоды и листья распространённой в г. Бузулуке яблони дикой (*Malussylvestris*), произрастающей на участке города с высокой автомобильной нагрузкой, и входящем в границы санитарно – защитной зоны Мельзавода (ул. 15 Линия, 53). На данном участке за 2008–2010 гг. в почвах были зафиксированы показатели подвижных форм тяжелых металлов представленные в таблице 1.

Для сравнения использовались образцы почв на реперном участке сада с. Курманаевка (таблица 2).

ПДК и ОДК химических веществ в почве в соответствии с перечнем, утвержденным от 19.11.91 №6229 – 91 и дополнением к нему ГН 2.1.7.020 – 94.

Полученные данные показывают, что антропогенная деятельность оказывает негативное влияние на состояние почв города. [4] Почвы в условиях г. Бузулука по содержанию меди, кадмия не превышают значения ПДК, исключение составляют свинец и цинк.

Для анализа исследуемых образцов проводящих тканей (стебель), плодов и листьев на содержание ТМ (Zn, Cd, Pb) применялся метод исследования атомно – адсорбционной спектроскопии с использованием спектрофотометра «FORMULAFM400». Погрешность определения содержания тяжелых металлов в пищевых продуктах по данным методам анализа составляет не более 15% (таблица 3, 4)

В результате исследований образцов яблони, произрастающих на данных почвах было установлено следующее:

- степень накопления ТМ различными органами растения не одинакова;
- аккумуляция ТМ в проводящих тканях (стебель) объясняется прежде всего тем, что они

Таблица 1. Подвижные формы ТМ в почвах реперного участка в г. Бузулуке

Точки отбора проб	Свинец	Кобальт	Марганец	Медь	Цинк	Кадмий
	ПДК	ПДК	ПДК	ПДК	ПДК	фон
	6,0 мг/кг	5,0 мг/кг	140,0 мг/кг	3,0 мг/кг	23,0 мг/кг	0,30 мг/кг
2008 год (0 – 10 см)	<b>7,38</b>	0,70	59,14	0,61	<b>71,00</b>	0,21
(30 – 40 см)	3,37	0,30	48,97	0,47	<b>26,00</b>	0,15
2009 год (0 – 10 см)	2,92	0,70	53,30	0,15	7,28	0,17
(30 – 40 см)	3,13	0,27	43,06	0,11	9,70	0,17
2010 год (0 – 10 см)	<b>11,36</b>	0,42	58,39	0,39	<b>26,30</b>	0,18
(30 – 40 см)	<b>7,27</b>	0,92	48,82	0,49	<b>27,88</b>	0,19

Таблица 2. Подвижные формы ТМ в почвах реперного участка сада с. Курманаевка

Точки отбора проб	Свинец	Кобальт	Марганец	Медь	Цинк	Кадмий
	ПДК	ПДК	ПДК	ПДК	ПДК	фон
	6,0 мг/кг	5,0 мг/кг	140,0 мг/кг	3,0 мг/кг	23,0 мг/кг	0,30 мг/кг
2009 год (0 – 10 см)	0,4	0,36	29,2	0,24	0,90	0,04
(30 – 40 см)	0,35	0,11	18,1	0,28	0,2	0,038
2010 год (0 – 10 см)	0,4	0,31	28,2	0,22	0,93	0,037
(30 – 40 см)	0,29	0,09	17,4	0,27	0,22	0,025

Таблица 3. Уровень накопления ТМ вегетативными и генеративными органами яблони дикой (*Malussylvestris*) (г. Бузулук)

№ п/п	Элемент	Медь	Цинк	Кадмий	Свинец
	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	5,0 мг/м <sup>3</sup>	10,0 мг/м <sup>3</sup>	0,03 мг/м <sup>3</sup>	0,4 мг/м <sup>3</sup>
1	Плод	3,61	6,5	<b>0,11</b>	<b>0,7</b>
	Лист	1,00	5,75	0,021	0,390
	Проводящие ткани (стебель)	<b>6,15</b>	<b>15,4</b>	<b>0,039</b>	<b>0,85</b>
2	Плод	2,55	3,5	<b>0,11</b>	<b>0,5</b>
	Лист	4,47	<b>16,1</b>	<b>0,056</b>	<b>1,8</b>
	Проводящие ткани (стебель)	3,88	8,2	0,026	<b>0,64</b>
3	Плод	4,0	<b>28,6</b>	<b>0,35</b>	<b>1,7</b>
	Лист	3,16	<b>15,5</b>	<b>0,080</b>	<b>1,35</b>
	Проводящие ткани (стебель)	<b>6,6</b>	<b>27,4</b>	0,013	<b>0,59</b>
4	Плод	1,88	<b>12,9</b>	<b>0,09</b>	<b>0,5</b>
	Лист	1,00	5,92	<b>0,11</b>	<b>0,52</b>
	Проводящие ткани (стебель)	3,85	<b>13,8</b>	<b>0,039</b>	<b>0,88</b>

Таблица 4. Уровень накопления ТМ различными вегетативными и генеративными органами яблони дикой (*Malussylvestris*) (сад с. Курманаевка)

№ п/п	Элемент	Медь	Цинк	Кадмий	Свинец
	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	5,0 мг/м <sup>3</sup>	10,0 мг/м <sup>3</sup>	0,03 мг/м <sup>3</sup>	0,4 мг/м <sup>3</sup>
1	Плод	2,48	5,4	0,03	<b>0,5</b>
	Лист	1,61	9,2	0,02	<b>0,42</b>
	Проводящие ткани (стебель)	<b>6,45</b>	<b>11,5</b>	<b>0,032</b>	0,24
2	Плод	2,21	2,7	0,02	<b>0,5</b>
	Лист	2,93	9,5	0,026	<b>0,42</b>
	Проводящие ткани (стебель)	2,69	<b>10,0</b>	<b>0,07</b>	<b>0,57</b>
3	Плод	1,52	1,5	0,02	0,2
	Лист	1,96	<b>10,4</b>	0,01	0,34
	Проводящие ткани (стебель)	4,75	7,5	<b>0,05</b>	0,27
4	Плод	1,67	1,6	<b>0,04</b>	0,3
	Лист	0,84	6,7	<b>0,034</b>	<b>0,39</b>
	Проводящие ткани (стебель)	<b>5,2</b>	<b>10,6</b>	0,022	<b>0,44</b>

являются одним из первых барьеров для ТМ и способом передвижения ТМ в растении;

– в целом по содержанию тяжелых металлов в органах растений образуется следующий ряд (по убыванию): стебель > плоды > листья;

– полученные данные накопления цинка и свинца в растении прослеживает взаимосвязь с результатами анализа почв г. Бузулука на содержание подвижных форм ТМ. Максимальное значение ПДК свинца отмечено в образце листьев – 1,8 мг/м<sup>3</sup> (ПДК = 0,4 мг/м<sup>3</sup>), максимальное значение ПДК цинка отмечено в образце плода – 28,6 мг/м<sup>3</sup> (ПДК = 10 мг/м<sup>3</sup>);

– характер содержания ТМ в образцах яблони подтверждает характер загрязнения почв

г. Бузулука. Содержание большого количества свинца как в растении, так в почвах указывает на доминирование данного ТМ в почвах города.

В контрольных образцах яблони, из сада, произрастающих на чистых почвах отмечено содержание ТМ незначительно превышающее значения ПДК. Это может быть объяснено тем, что физиологические потребности в металлах у растений разные, что приводит к большому разбросу содержания тяжелых металлов в растительности даже на незагрязненных почвах [3]. Также это что может быть объяснено большим содержанием органического вещества в почвах сада, которое способствует повышению доступности ТМ для растений.

13.04.2013

**Список литературы:**

1. Большаков, В.А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами / В.А. Большаков, Н.Я. Гальпер, Г.А. Клименко и др. М.: Гидрометеониздат, 1978. – 49 с.
2. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В.Б. Ильин. Новосибирск: Наука, 1991. – 150 с.
3. Порядок определения параметров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. Утв. Председателем Комитета Федерации по земельным ресурсам и землеустройству 10.11.93 Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов. 1993; URL: <http://www.bestpravo.ru/federalnoje/gn-postanovlenija/f9o.htm>
4. Русанов, А.М. Характеристика эколого-геохимического состояния почв территории Оренбургской области / А.М. Русанов, Е.В.Блохин, Н.Н.Зенина // Гигиена и санитария: Медицина, 2002. №5. – С.15 – 17.
5. Русанов, А.М. Содержание тяжелых металлов в плодах яблоки в городских условиях / А.М.Русанов, Е.З.Савин, С.Э. Нигматянова, М.М. Нигматянов., М.А.Степанова // Вестник ОГУ, 2011, №1. – С.148 – 151.
6. Русанов, А.М. Тяжелые металлы в плодах шиповника парков города Орска / А.М.Русанов, Д.М. Турлибекова // Вестник ОГУ, 2011, №12. – С.299 – 300.
7. Русанов А.М Влияние Бузулукского бора на прилегающие ландшафты и свойства почв / Русанов А.М., Е. В. Шейн, Е. Ю. Милановский // Почвоведение, 2008, №2. – С. 146-152.

Сведения об авторе:

**Степанова М.А.**, аспирант кафедры общей биологии Оренбургского государственного университета  
г. Бузулук, Промышленная, 8. Испытательная лаборатория ООО «ДорСтройСервис»,  
тел.: (35342) 73355, e-mail: sma.21\_1987@mail.ru

**UDC 581.5**

**Stepanova M.A.**

Orenburg state university, e-mail: sma.21\_1987@mail.ru

**ACCUMULATION OF HEAVY METALS WILD APPLE TREE (MALUSSYLVESTRIS) IN BUZULUK**

With increasing urbanization is changing urban environment, which differs in many respects from the natural environment. Heavy metals occupy a special position, because, not subjected to physico-chemical or biological degradation, accumulate in the surface layer of the soil and change their properties, for a long time are available for root uptake by plants and actively participate in the processes of migration in trophic chains.

Key words: heavy metals, apple, sustainability, and the accumulation.

**Bibliography:**

1. Bol'shakov, V.A. The contamination of soils and vegetation heavy metals / V.A. Bolshakov, N.Y. Galperin, G.A. Klimenko, etc.. М.: Gidrometeoizdat, 1978. – 49 p.
2. Ilyin, V.B. Heavy metals in soil-plant system / V.B. Ilyin. Novosibirsk– Nauka, 1991. – 150 p.
3. The procedure of determining the parameters of the damage from pollution of the lands of chemical substances. Ukraine. The Chairman of Committee of the Federation for land resources and land utilization of the 10.11.93 the Ministry of environment protection and natural resources. 1993; URL: <http://www.bestpravo.ru/federalnoje/gn-postanovlenija/f9o.htm>
4. Rusanov, A. M. Characteristics of ecologo-geochemical condition of soils in the territory of the Orenburg region / A.M..Rusanov, E.V.Блохин, Н.Н.Зенина //Hygiene and sanitation, Medicine, 2002. №5. – P.15 – 17.
5. Rusanov, A.M. The content of heavy metals in the fruits of Apple trees in urban environments / A.M. Rusanov, E.Z.Savin, S.E. Nigmatynova, M.M. Nigmatynov, M.A. Stepanova / / Vestnik of OSU, 2011, №1. – 148 – 151 p.
6. Rusanov, A.M. Heavy metals in the fruit of the wild rose parks of the town of Orsk / A.M. Rusanov, D.M..Turlibekov / / Vestnik of OSU, 2011, no. 12. – 299 – 300 p.
7. Shein, E.V., Milanovsky, E. Y. Effect of boron on Buzuluk adjacent landscapes and properties of soils / E.V. Shein, E.Y. Milanovsky // Soil Science, 2008, №2. – P. 146-152.