

Русанов А.М.¹, Савин Е.З.¹, Нигматянова С.Э.¹,
Нигматянов М.М.¹, Грудинин Д.А.², Степанова М.А.¹

¹Оренбургский государственный университет

²Институт степи УрО РАН

E-mail: fns@mail.osu.ru

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПЛОДАХ ЯБЛОНИ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Плодовые насаждения широко используются в озеленении населенных пунктов. Все возрастающее загрязнение выбросами промышленных предприятий, транспортным потоком приводят к загрязнению окружающей среды и накоплению тяжелых металлов в почве, листьях, древесине и плодах. Отмечена избирательность отдельных форм яблони к тяжелым металлам, значительное превышение предельно допустимое концентрации.

Ключевые слова: тяжелые металлы, яблоня, экология, липиды, сахара, избирательная аккумуляция.

Плодовые культуры с древнейших времен используются для озеленения населенных пунктов. В настоящее время они украшают улицы, скверы, парки. Для озеленения чаще всего используется яблоня (*M. domestica* Bork, *M. selvestris* Mill, *M. Prunifolia*, *M. niedzwitzkyana* Diek, *M. baccata* Borh), груша (*P. Rossica*, *A. Danilov*, *Puccuriensis* Maxim, *Pcommunis* L, *Pcancasica*), боярышник (*C. Ambigua*, *C. A. Mey*, *C. orientalis*, *C. sanguina* Pall), ирга (*A. rotundifolia* Lam, *A. conadonsis* (L) Megic, *A. spicata* (Lam) C. Koch), рябина (*S. ancuparia* L, *S. domestica* L, *S. sibirica* Hedl, *Aronia melanocarpa*), вишня (*C. vulgaris* Mill, *C. Mahaleb*, *C. sachalinensis*), черемуха (*P. Racemosa*, *Lam Gilib*, *P. virginiana*), барбарис (*B. Vulgaris* L, *B. amurensis* Rupr, *B. thunbergii* D. C.), калина (*V. opalus* L, *V. Lontana*, *C. sardenti*) и другие культуры. Многие из них имеют привлекательные плоды с прекрасными вкусовыми качествами, которые население использует для употребления в свежем виде и на переработку.

Однако в городских условиях возрастающее техногенное загрязнение окружающей среды влечет за собой ухудшение экологической обстановки среды обитания. Наиболее характерными загрязнителями промышленных предприятий зоны Южного Урала являются пыль, оксиды азота, диоксид серы, взвешенные вещества, фториды, пестициды [2, 10]. Среди токсичных загрязнителей важное место занимают тяжелые металлы (ТМ) [3]. Почвы населенных пунктов и прилегающих к ним территорий Оренбургской области, согласно данным технического отчета [13], зачастую загрязнены свинцом, никелем, медью, цинком, кобальтом и

другими ТМ. В этой связи растения, произрастающие в этих экологически неблагоприятных условиях, сами становятся опасными для живых организмов. Плодами пользуется не только человек, но и животные, птицы. Имеются многочисленные сообщения, что плоды и ягоды при определенных условиях могут поставлять ТМ в организм человека [1, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12].

Целью наших исследований являлось выявление особенностей накопления ТМ в плодах яблони, произрастающих на улицах и в скверах города Оренбурга.

В качестве объекта наших наблюдений были выбраны насаждения яблони по проспекту Победы, между перекрестками улиц Монтажников и Автоматики. Это место характеризуется повышенным потоком транспорта и расположением в определенной близости к промышленным предприятиям. В сквере, примыкающем непосредственно к проспекту Победы, на расстоянии 10-12 м от проезжей части дороги произрастает дикая яблоня – сеянец ранетки пурпуровой (*M. baccota* var. *macrocarpa* Borkh). Высота насаждений 5-6 м, возраст 25-30 лет. Насаждения находятся в хорошем состоянии. Ежегодно отмечается урожай в пределах 15-20 кг/дерево. Плоды массой от 5-6 до 10-12 г имеют привлекательный вид с кисло-сладким вкусом. В качестве контроля над опытом брали образцы плодов и почвы в саду села Хмелевка на юге Гайского района, удаленного на значительное расстояние от г. Новотроицка и его промышленных предприятий и трассы Оренбург – Орск.

В течение двух лет в период полной зрелости плодов (сентябрь) собирали плоды с дерева и отбирали образцы почвы с глубины 0-10 см.

В лаборатории ВНИИМС и Института степи УрО РАН проводился анализ образцов на содержание в них подвижных форм ТМ, микроэлементов и биохимических веществ. ТМ и микроэлементы определяли атомно-абсорбционным методом (8 показателей) согласно СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы».

Такие ТМ, как кадмий, свинец, цинк, относятся к I классу опасности;

никель, медь, хром – ко II классу;

марганец, железо – к III классу опасности.

Результаты оценивали по «Перечню ПДК и ОДК химических веществ в почве», утвержденному 19.11.91 №6229-91, и дополнению к нему ГН 2.1.7.020-94. А также руководствовались межгосударственным стандартом ГОСТ 3069202000 на растительные продукты и СанПиН 2.3.2.1078-01, 1.6. Плодоовощная продукция.

Первичная обработка почвенных и растительных образцов проводилась согласно ГОСТу 30178-96 и Методическим указаниям по атомно-абсорбционным методам определения токсичных элементов в пищевых продуктах с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электрической атомизацией МГА-915 МВИМ 04-19-2009 (СПб., 2005, с. 38) [6].

Результаты исследования

Анализы показали, что все образцы яблоки, включая контрольный вариант, накапливают в плодах Zn и Cu намного выше предельно допустимых концентраций (таблица 1). Так превышение количества этих металлов отмечено в шестом образце (цинк 1,7 ПДК, медь 5 ПДК) и в четвертом образце (медь 10 ПДК). Наименьшее количество цинка было отмечено во втором и третьем образце (в 2-2,5 раза меньше значения ПДК), а меди – в первом и пятом образце (2-2,5 ПДК). В то же время в контрольном варианте (с. Хмелевка) было наименьшее превышение количества цинка, которое составило 1,2 ПДК, содержание меди соответствовало значению ПДК. В почвенных образцах превышение концентрации цинка было незначительным для объектов, находящихся в городской черте, оно составило 1,5 ПДК, а в контрольном образце было близким к норме. Почвы в сквере г. Оренбурга содержат меди меньше уровня ПДК, а в контрольном образце превышают его почти в два раза. Следовательно, плоды яблоки оказались наиболее загрязненными цинком и медью.

Вероятно, особенностью яблоки является поглощение из окружающей среды и накопление металлов в тканях плодов.

Наибольшее количество Pb в плодах, кратное 4 ПДК, отмечено в шестом образце, а наименьшее – в первом и втором образцах – меньше предельно допустимых концентраций, составило 0,09 и 0,11 мг на 1 кг сухого вещества соответственно. В контрольном варианте подвижных форм свинца не обнаружено. В почвенных образцах содержание свинца не превышает норму – 5,58 мг/кг в городских условиях и 4,43 мг/кг в контрольном варианте, при значении ПДК, равном 6,0 мг/кг сухой почвы.

По кадмию наибольшее количество подвижных форм отмечается в контрольном варианте (3 ПДК), в шестом образце (2,5 ПДК) и в первом образце (более чем 2 ПДК), а наименьшее количество, меньше значения ПДК, отмечено в третьем и пятом образцах. В городских почвах и в контрольном образце превышение подвижных форм кадмия было незначительно. Следовательно, наиболее загрязненными свинцом и кадмием оказались плоды шестого образца, а наименее – по свинцу – первый и второй образец, по кадмию – третий и пятый.

В шестом образце отмечается наибольшее количество подвижных форм металла по никелю – 4,5 мг на 1 кг сухого вещества, по железу – 24,1 мг и по марганцу – 55,5 мг. Наименьшее количество было для никеля (0,19 мг на 1 кг сухого вещества) в первом, для железа (10,6 мг) – в контрольном, для марганца (2,2 мг) – в пятом образцах.

Необходимо отметить, что концентрация никеля в контрольных образцах превысила ПДК и составила 20 ПДК для плодов и 12 ПДК для почв. Повышенное содержание этого металла на контрольном участке, вероятно, связано с его непосредственной близостью к месторождениям никеля: на востоке от села Хмелевка, на расстоянии 27 км, у села Аккермановка, и на севере, на расстоянии 30-35 км, у поселка Халилово, находятся заброшенные карьеры по выработке никеля.

В опытных образцах наименьшее количество никеля было в плодах первого и третьего образцов, марганца – в четвертом и пятом образцах, железа – в первом и пятом образцах. Марганец в городских почвах и в контрольном варианте превышает ПДК более чем в 4-5 раз. Следовательно, подвижными формами никеля,

Таблица 1. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в плодах и почве г. Оренбурга (2008-2009), мг/кг сухого вещества

№ п/п		I класс опасности			II класс опасности			III класс опасности	
		свинец	цинк	кадмий	медь	никель	хром	железо	марганец
1	Плоды яблони № 1	0,09	9,06	0,065	9,75	0,19	0,20	17,55	6,55
2		0,11	5,13	0,054	22,65	0,48	0,27	41,3	7,54
3	-«- № 3	0,90	3,82	0,025	18,62	0,26	0,31	24,7	7,48
4	-«- № 4	0,78	9,77	0,045	51,46	0,33	0,25	24,1	4,88
5	-«- № 5	0,53	6,74	0,026	12,70	0,35	0,44	20,8	2,21
6	-« № 6	1,63	17,73	0,071	45,31	4,53	3,93	24,1	55,51
7	Хмелёвка контроль	не обн.	11,9	0,09	4,87	10,25	0,08	10,64	5,2
8	Почва (сквер Победа)	5,58	36,03	0,345	1,75	39,97	62,22	210,8	681,85
9	Почва (с.Хмелёвка)	4,43	28,35	0,37	5,27	50,10	63,8	67,25	758,9
	ПДК плодов	0,4	1,0	0,03	1,0	0,5	0,1	50,0	
	ПДК почвы	6,0	23,0	0,3	3,0	4,0	6,0	3800*	140,0

* для сравнения уровня загрязнения почв железом использовалось его фоновое содержание в почвах Южного Урала

Таблица 2. Содержание биологически активных соединений в плодах (% на воздушно-сухое вещество)

№ п/п		Сухое вещество %	Сахара %	Жиры %	Аскорбиновая кислота мг/100 г
1	Победа, сквер №1	27,80	21,6	3,48	25,8
2	-«- № 2	23,10	25,2	1,98	17,9
3	-«- № 3	29,17	17,5	2,54	15,9
4	-«- № 4	47,40	15,2	2,50	17,8
5	-«- № 5	36,84	16,8	2,49	18,7
6	-«- № 6	24,6	22,0	4,27	21,8
7	Хмелёвка контроль	17,86	29,2	3,12	15,2

марганца, железа наиболее загрязнены оказались плоды шестого образца.

Превышение хрома в почве в городских условиях и у села Хмелёвка в 10 раз больше нормы. Однако это не привело к значительному увеличению тяжелого металла в плодах, за исключением шестого образца, где наличие хрома превышало норму в 4 раза. Наименьшее количество хрома (в 4-5 раз меньше ПДК) наблюдается в первом и четвертом образцах.

В населенных пунктах в целях озеленения чаще всего используют дикие формы плодовых культур. Каждая форма обладает своей генетической основой и своей избирательностью по отношению к ТМ. У исследованных таксонов яблони наибольшее загрязнение тяжелыми металлами отмечается в плодах шестого образца. По некоторым металлам (Cr, Cu) значения ПДК превышены в десятки раз. В других образцах (первый и пятый) содержание ТМ находится ниже значения ПДК и близко к нему.

Необходимо отметить, что высокое содержание металла в почве не всегда способствует накоплению его в плодах, что было отмечено для Cd, Ni, Cr, Mg, Fe. В то же время низкое содержание Cu в почве не ограничивает ее накопление в плодах.

В плодах этих же образцов определяли биологически активные соединения (таблица 2).

Наибольшее количество сухого вещества содержалось в образцах №4 и 5 и составляло 37-47% массы. Анализ плодов проводился в первой половине сентября. Отдельные формы были перезревшие и слегка подвяленные, что могло сказаться на результатах анализа. Наименьшее содержание сухого вещества отмечено во втором и контрольном образцах – 17,8-23,1%. Высокое содержание сахаров отмечено в контрольном образце – 29,2% от сухого вещества, низкое – в четвертом 15,2%. Жиров больше наблюдалось в шестом и первом образцах – 4,3 и 3,5%, меньше их было во втором – 2,0%. Наибольшее количество аскорбиновой кислоты (витамин С) отмечается в первом образце – 25,8 мг на 100 г сырого вещества и наименьшее – в контрольном варианте – 15,2 мг.

Таким образом полученные результаты по аккумуляции ТМ и биохимических соединений в плодах различных форм яблони говорят об индивидуальной избирательности каждого генетически самостоятельного вида. По предварительным наблюдениям, накопление ТМ в шестом образце в какой-то степени коррелирует с липидными соединениями.

14.04.2010 г.

Список использованной литературы:

1. Абызов В.В. Изучение устойчивости сортов земляники к воздействию солей тяжелых металлов // Материалы В.Н. методической конференции 1-4 июля 2008 г., г. Орел. С. 7-9.
2. Брежнева И.Н. Методика оценки агротехнического воздействия на фитострому при строительстве скважин (на примере Оренбургского Предуралья). Автореферат диссертации кандидата биол. наук Оренбург, 2010 г., с.18.
3. Кузнецов М.Н., Гольштин Л.В. Адаптивный ответ устьичного аппарата листа черной смородины на загрязнение тяжелыми металлами. Материалы В.Н. методической конференции 19-22 июня 2006 г., г. Орел, 2006, с. 156-161.
4. Кулагин Ю.З. Индустриальная дендрология и прогнозирование М.Наука, 1985, с. 117.
5. Кузнецова Т.Ю. Сравнительная оценка накопления тяжелых металлов листьями древесных растений в городских условиях. Аграрная Россия 2009, с.122-123.
6. Методика измерения концентрации кадмия, меди, свинца и цинка в пробах зерна, муки, хлеба, плодовоовощной продукции и муки животного происхождения методом атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА -915. МВИ М 04-19=2009, СПб. 2005, 38.
7. Мотылева С.М. Особенности содержания тяжелых металлов (Pb, Ni, Zn, Fe, Cu) в плодах, ягодах и атмосферных осадках в связи с оценкой сортов для использования в селекции. Автореферат диссертации кандидата с.х. наук. СПб, 2000, с. 23.
8. Мотылева С.М., Голяева О.Д. Особенности накопления тяжелых металлов в плодах красной смородины. Материалы В.Н. методической конференции 1-4 июня 2008, г. Орел, с. 296-298.
9. Мудрый И.В. Тяжелые металлы в системе почва-растения-человек (обзор). Гигиена и санитария. 1997, №9, с. 14-21.
10. Рябухина М.В., Брежнева И.Н. Газоустойчивость древесных растений в пределах городской черты на примере сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L). Тр. Института Биоресурсов и прикладной экологии. 2009. Вып. 8, с. 30-34.
11. Фролов Л.В. Токсическое действие некоторых тяжелых металлов на растение вишни // Материалы В.Н. методической конференции 2-4 июля 2007 г., г. Орел, с. 257-261.
12. Чулджиян Х., Кирвета С. и др. Тяжелые металлы в почвах и растениях // Экологическая кооперация. Братислава, 1988, вып.1, с. 5-24.
13. Юрова С.А., Полякова Д.Г. Технический отчет по мониторингу земель населенных пунктов и прилегающих к ним территорий. Оренбург, 2009, с. 145.

Сведения об авторах: **Русанов А.М.**, доктор биологических наук, профессор Оренбургского государственного университета, тел. (3532)221947, e-mail: soilec@escoo.ru, fns@mail.osu.ru;

Савин Е.З., доктор сельскохозяйственных наук, 460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11, тел. (3532) 774432, e-mail: orensteppe@mail.ru; **Нигматянова С.Э.**, аспирант Оренбургского государственного университета, e-mail: orbotgarg@mail.ru; **Нигматянов М.М.**, аспирант Оренбургского государственного университета, e-mail: orbotgarg@mail.ru; **Грудинин Д.А.**, младший научный сотрудник Института степи УрО РАН, e-mail: megaantibiotic@yandex.ru; **Степанова М.А.**, аспирант Оренбургского государственного университета, e-mail: sma.21_1987@mail.ru

UDC 634.12:621.4**Rusanov A.M., Savin E.Z., Nigmatyanova S.E., Nigmatyanov M.M., Grudin D.A., Stepanova M.A. HEAVY METAL CONTENT OF APPLE FRUITS IN URBAN ENVIRONMENTS**

Fruit trees are widely used in greening settlements. The increasing pollution of industrial emissions, traffic flow lead to environmental pollution and the accumulation of heavy metals in soil, leaves, wood and fruits. We found marked selectivity of certain forms of apple trees to heavy metals, a significant excess of the maximum permissible concentration.

Key words: heavy metals, apple, ecology, lipids, sugars, selective accumulation.