М. В. Репях, доцент, к. с.-х. н.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева», Россия, г. Красноярск
mrepyah@yandex.ru

УДК 630.23

DOI 10.31676/2073-4948-2019-56-82-87

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПЛОДАХ ЯБЛОНИ СОРТА ЗОЛОТОЙ ШИП НА ТЕРРИТОРИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИМ. ВС. М. КРУТОВСКОГО

Резюме. В работе приведены данные по содержанию тяжелых металлов в плодах яблони сорта Золотой шип летнего срока созревания, произрастающих на территории Ботанического сада им. Вс. М. Крутовского, на разном расстоянии от автодороги (15 м, 35 м, 60 м, 90 м). Выявлены металлы, которые содержатся в незначительных количествах. Подтверждено большое влияние близости автодороги на содержание металлов в плодах. Отмечено также повышенное накопление некоторых элементов в плодах изучаемого сорта. Экологические условия произрастания сада им. Вс. М. Крутовского представляют особый интерес как объект научных исследований. Данные исследования могут быть использованы при выращивании плодовых культур на территориях, близко расположенных к источникам загрязнения.

Ключевые слова: яблоня, тяжелые металлы, Золотой шип, расстояние от автодороги.

Summary. The paper presents data on the content of heavy metals in the fruits of apple varieties Zolotoy ship summer ripening growing in the Botanical garden Vs. M. Krutovsky, at different distances from the road (15 m, 35 m, 60 m, 90 m). Metals that are contained in small quantities were identified. The great influence of the proximity of the road on the content of metals in fruits was confirmed. There is also an increased accumulation of some elements in the fruits of the studied varieties. Environmental conditions of growth of the garden. Vs. M. Krutovsky is of particular interest as an object of scientific research. These studies can be used in the cultivation of fruit crops in areas close to the sources of pollution.

Keywords: apple, heavy metals, Zolotoy ship, distance from the highway.

Введение

Тяжелые металлы являются одной из опасных групп экотоксикантов, входящих в состав отходов промышленного производства и транспорта. Они легко накапливаются в почве, корнях, стеблях, листьях, плодах. Яблоня, как многолетнее растение, способна на протяжении всей жизни накапливать минеральные элементы, и существует вероятность появления в плодах токсичных веществ в концентрациях, превышающих предельно допустимые уровни. В настоящее время на территории крупных промышленных центров в пригородных зонах заметно прогрессирует

ухудшение состояния окружающей среды. Возникает высокая концентрация токсичных выбросов, которая превышает предельно допустимые нормы в связи с тем, что большое количество промышленных предприятий цветной металлургии, химии, энергетики, строительной индустрии, многочисленные котельные расположены в черте города. Зафиксировано повышенное содержание следующих токсикантов: амины, аммиак, диоксид азота, углеводороды, оксид углерода, сероуглерод, сероводород, фенолы, фториды, нитрозоамины, меркаптаны, формальдегид, хлористый водород, хлор, ртуть, пыль. Красноярск входит в десятку экологически неблагополучных городов Сибири. Значительный процент атмосферных загрязнений составляют выхлопные газы автомобилей, включающие оксид углерода, нитрозные газы, ненасыщенный водород и их фотохимические продукты реакции, полициклические ароматические углеводороды, свинцовые соединения, сажу. Кроме того, высокий уровень загрязнения воздуха в Красноярске объясняется природно-метеорологическими особенностями территории. Слабые ветры зимой, приземные инверсии и застои воздуха вызывают скопление поллютантов. В июле-августе отмечается повышение концентрации сероуглерода при повышении температуры воздуха и усилении испарения.

Основным токсичным веществом для растений является двуокись серы (SO_2), повреждающая ассимиляционный аппарат. Концентрация SO_2 выше $0,4 \text{ мг/м}^2$ даже при кратковременном воздействии часто является причиной образования некрозов в результате повреждения клеток листьев и почек. Отрицательное влияние на рост растений оказывают фтор, хлор, углеводород. Соединения фтора в виде газа или в твердом состоянии выбрасываются в атмосферу заводами по производству алюминия, кирпича, фосфатных удобрений; даже в небольших концентрациях они обладают очень сильным токсичным действием, приводя к появлению коричневой окраски кончиков и краев листьев, образованию вздутий [1, 2].

Среди изученных тяжелых металлов наиболее опасными для здоровья являются свинец, медь, никель, цинк, предельно допустимые концентрации (ПДК) которых составляют $0,4\text{--}10,0 \text{ мг/кг}$.

Изучение содержания тяжелых металлов было проведено на примере яблони летнего срока созревания сорта Золотой шип (Пряное).

Это среднерусский сорт народной селекции, разводится в основном в лесостепной зоне, отличается зимостойкостью, засухоустойчивостью. Плоды в небольшой степени поражаются паршой [3, 4]. В пору плодоношения вступает в 3-4 года. Урожайность высокая, но наблюдается периодичность плодоношения (один год урожайный, следующий – неурожайный). А. М. Скибинская [5] отмечает, что в 12 лет деревья этого сорта имели урожай 10 кг , в 14 – 25 , в 16 – 30 , в 18 – 60 , в 20 – 60 кг с дерева. Средняя масса плодов на Красноярской станции плодоводства – $50\text{--}60 \text{ г}$, на Алтайской – 90 г ,

наибольшая – 134 г. Форма плодов округло-коническая, но с тупой слабосуженной вершинкой. Ребристость слабая. Кожица тонкая, матовая, одноцветная, зеленовато-желтая. Мякоть желтоватая, рыхлая, грубоватого кисло-сладкого вкуса, иногда со слабым ароматом. Плоды быстро перезревают. Зрелость наступает в середине августа, хранятся около двух месяцев.

Целью работы явилось проведение исследований по содержанию тяжелых металлов в плодах яблони летнего срока созревания сорта Золотой шип, произрастающей на территории сада им. Вс. М. Крутовского. В задачу исследований входило изучение содержания тяжелых металлов, деревьев исследуемого сорта, произрастающих на разном расстоянии от автодороги.

Методы исследований

Объект исследования – плоды яблони сорта Золотой шип, который произрастает на территории Ботанического сада им. Вс. М. Крутовского, расположенном на надпойменной террасе реки Енисей в зеленой зоне г. Красноярска и имеет общую площадь 28,5 га. Сад представляет собой уникальную коллекцию культурных сортов яблони, выведенных сибирскими, европейскими, зарубежными садоводами. 39 сортов произрастают в стелющейся форме на площади 3 га в мемориальной части на верхней террасе Енисея, 7 га – на нижней, где яблони разных сортов растут в открытой форме. Коллекция содержит сорта яблони российской и зарубежной селекции. Из них 12 сортов относятся к группе летних, 27 – к группе зимних. Деревья адаптировались к суровым условиям Сибири, так как на нижней террасе сада в течение последних 50 лет они растут без формирования кроны и имеют высоту 3-5 метров, средняя площадь питания одного дерева – 24 м². Плодовые деревья яблони имеют возраст более 110 лет. Схема посадки деревьев яблони рядовая, деревья расположены по левую сторону от автодороги. Саженьцы ранетки пурпурной являются подвоем для размножения и сохранения уникальной коллекции. Сбор плодов для проведения исследований проходил при наступлении фенологической фазы «созревание плодов» в вегетационные периоды 2015-2016 гг. Образцы плодов отбирали по методике ВНИИСХ, для этого в биогруппе с 5-6 деревьев данного сорта собирались плоды в количестве 35 штук с каждого дерева [6]. Содержание в почве соответствующих тяжелых металлов на различном расстоянии от автодороги не определялось. Для определения содержания тяжелых металлов в плодах данного сорта была использована методика, разработанная научно-производственным объединением «Спектран». Она предложена для определения свинца, цинка, никеля, хрома, кобальта, железа, марганца, меди и других металлов в биологических объектах на рентгенофлуоресцентном спектрометре «Спектроскан» [7]. Диапазон измеряемых концентраций – 0,05-5,0 мг/кг свежих яблок для каждого металла, что соответствует диапазону в растворах

0,01-1,0 мг/дм³. Метод основан на осаждении ионов металлов из раствора, полученного в результате подготовки пробы минерализацией, на осадок гидроксида циркония при РН = 6-7. Содержание ионов каждого металла в пробе определяли по предварительно построенной градуировочной прямой. Подготовка образцов проходила следующим образом: озоление плодов путем сжигания образца в муфельной печи; экстракция полученной золы раствором азотной кислоты (1:1); нейтрализация полученного фильтрата; перенос пробы в колбу, добавление буферного раствора и раствора азотнокислого цирконила, нагревание до кипения и последующее охлаждение при комнатной температуре и фильтрование; образец помещали в спектрометр и проводили измерения трижды. Статистическая обработка данных (табл. 3) проводилась с помощью программы STAT [8].

Экспериментальные данные и их обсуждение

Проведенный анализ показал, что плоды сорта Золотой шип обладают большой способностью аккумулировать медь, железо, марганец. Превышение ПДК составляет 10-30%, в то время как свинец, никель, хром содержатся в меньшем на 10-84% количестве. Повышенное содержание меди в плодах сорта Золотой шип соответствует предельно допустимой концентрации (ПДК = 5,0), но превосходит среднее количество элемента, присутствующее обычно в плодах яблони, в 4,7 раза [9].

Количество цинка в плодах сорта Золотой шип ниже ПДК в 2,6 раза. Железо, марганец и хром содержатся в плодах в допустимых пределах, не опасных для употребления плодов в пищу. Кобальт отсутствует.

С увеличением расстояния до 90 м наблюдается снижение количества металлов в плодах сорта Золотой шип.

Так, на расстоянии 90 м свинец в плодах не обнаружился, содержание цинка, меди, марганца снизилось в 3,4-5,1 раза, никеля, железа – в 7,2-11,8 раза в сравнении с деревьями, произрастающими на расстоянии 15 м от дороги (табл. 1).

Таблица 1.

Содержание Pb, Zn, Cu, Ni в плодах сорта Золотой шип

Номер биогруппы	Расстояние от дороги, м	Содержание металлов, мг/кг свежих яблок			
		Pb	Zn	Cu	Ni
113	15	0,166	3,31	7,80	0,83
142	35	0,134	3,81	5,15	0,18
6	60	0,002	2,60	3,40	0,18
251	90	0,000	0,97	1,54	0,12

Окончание табл. 1

Номер биогруппы	Расстояние от дороги, м	Содержание металлов, мг/кг свежих яблок			
		Pb	Zn	Cu	Ni
Среднее		0,075	2,67	4,47	0,33
ПДК		0,400	10,00	5,00	0,50

Концентрация свинца и цинка в плодах деревьев допустима (с учетом ПДК) на всей территории сада. Никель находится в пределах ПДК на расстоянии 35 м и более, медь – на 60 и более.

Кобальт в плодах отсутствует или содержится в незначительных количествах. Интенсивность аккумуляции железа с увеличением расстояния до 90 м снижается в 11,8 раза, марганца – в 4,3 раза, хрома – в 43,1 раза, то есть уровень концентрации является допустимым только в плодах деревьев, произрастающих не ближе 60 м от дороги (табл. 2).

Таблица 2.
Содержание Fe, Mn, Cr в плодах сорта Золотой шип

Номер биогруппы	Расстояние от дороги, м	Содержание металлов, мг/кг свежих яблок		
		Fe	Mn	Cr
113	15	15,67	2,04	0,302
142	35	11,74	1,64	0,089
6	60	9,89	1,37	0,106
251	90	1,33	0,47	0,007
Среднее		9,66	1,38	0,13

Установлена тесная зависимость ($r = -0,859-0,995$) накопления металлов (у, мг/кг) от расстояния (х, м). Получены уравнения регрессии (табл. 3).

Таблица 3.
Связь между содержанием тяжелых металлов в плодах сорта Золотой шип и расстоянием от автодороги

Элемент	Коэффициент корреляции	Вид связи	Уравнение	F_{ϕ} при $F_{05} = 9,28$
Pb	-0,966	обратная	$y = e^{(-0,1257-0,071x)}$	28,47
Zn	-0,893	обратная	$y = e^{(1,716-0,017x)}$	7,91
Cu	-0,995	обратная	$y = e^{(2,400-0,021x)}$	204,95
Cr	-0,869	обратная	$y = e^{(-0,44-0,045x)}$	10,83

Окончание табл. 3

Элемент	Коэффициент корреляции	Вид связи	Уравнение	F _ф при F ₀₅ = 9,28
Ni	-0,936	обратная	$y = 2,3987x^{(-1,032)}$	14,22
Fe	-0,973	обратная	$y = 18,75 - 0,182x$	35,51
Mn	-0,981	обратная	$y = 2,390 - 0,020x$	50,07

Заключение

Таким образом, в результате изучения накопления тяжелых металлов (свинца, цинка, меди, никеля) в плодах яблони установлено, что их содержание не превышает предельно допустимых (ПДК). Железо, хром находятся в плодах в небольших количествах, кобальт отсутствует. Приведенные данные позволяют использовать результаты исследований для плодовых культур, произрастающих в пригородных зонах.

Список использованной литературы

1. Болдырев М. И. Некоторые аспекты экологической проблемы в садоводстве в связи с аномалиями погодных условий // С.-х. бюллетень, 1995. – № 3. – С. 65-81.
2. Давыдова С. Л. О токсичности ионов металлов. – М.: Мир, 1991. – 27 с.
3. Колесников Е. В. Яблоня и груша. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 56 с.
4. Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф., Репях М. В. Плодоношение и биохимический состав разных сортов яблони коллекции Вс. М. Крутовского. – Красноярск: СибГТУ, 1999. – 222 с.
5. Скибинская А. М. Сорта яблони в Сибири. – Новосибирск: Зап. Сиб. кн. изд-во, 1969. – 214 с.
6. Лобанов Г. А., Морозова Т. В. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – М.: ВНИИСХ, 1980. – 529 с.
7. Методика выполнения измерений массовой концентрации тяжелых металлов в биологических объектах на рентгено-флуоресцентном спектрометре “Спектроскан”. – СПб: НПО “Спектрон”, 1994. – 12 с.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1979. – 416 с.
9. Мотылева С. М., Соснина М. В. О накоплении тяжелых металлов в плодах яблони // Сельскохозяйственная биология. Серия биология растений, 1996. – № 1. – С. 67-72.

M. V. Repyakh

M. F. Reshetnev Siberian State University of science and technology,
Russia, Krasnoyarsk

**EVALUATION OF HEAVY METALS CONTENT IN THE APPLE FRUITS OF
ZOLOTOY SHIP VARIETY AT THE VS. M. KRUTOVSKY BOTANICAL GARDEN**