

Весовые показатели плодов боярышника и содержание в них микроэлементов

© Мухаметова^{1*} Светлана Валерьевна и Таланцев^{2*†} Владимир Иванович

¹ Ботанический сад-институт. Поволжский государственный технологический университет.
Ул. Мира, 2Б. г. Йошкар-Ола, 424030. Республика Марий Эл. Россия.

Тел.: (8362) 64-75-60. E-mail: MuhametovaSV@volgatech.net.

² Кафедра химии. Поволжский государственный технологический университет.

Пл. Ленина, 3. г. Йошкар-Ола, 424000. Республика Марий Эл. Россия.

Тел.: (8362) 68-68-04. E-mail: TalancevVI@volgatech.net

*Ведущий направление; †Поддерживающий переписку

Ключевые слова: боярышник, *Crataegus*, лекарственные растения, плоды, масса, влажность, зольность, микроэлементы.

Аннотация

Приведены результаты изучения весовых показателей плодов 13 таксонов боярышника коллекции Ботанического сада-института ПГТУ: масса 100 шт., влажность, зольность, процентный выход сухого сырья. Изученные таксоны разделены на мелко- и крупноплодные. Проведен анализ содержания 8 микроэлементов в плодах, выявлены таксоны с высоким, средним и низким содержанием металлов. Обнаружены корреляционные связи между накоплением определенных элементов.

Введение

Лекарственные растения издавна используются для лечения и профилактики практически всех заболеваний человека. Фитотерапия имеет существенные преимущества перед применением синтетических форм, поскольку лекарственные растения и получаемые из них фитопрепараты содержат целый комплекс родственных соединений, которые лучше переносятся организмом человека, значительно реже вызывают побочные аллергические реакции и не обладают кумулятивными свойствами [1-3].

Многообразие веществ, входящих в растительные организмы, и сложная система связей между ними определяет поливалентность фитотерапии, когда кроме выраженного фармакологического эффекта действующих веществ, терапевтические результаты в конечном итоге складываются из суммы множественных воздействий всех веществ растения на органы и функциональные системы человеческого организма.

Поэтому фитотерапия оказывается более емкой и одновременно более щадящей, чем чисто медикаментозное лечение. Но видимый положительный эффект лечения наступает более медленно, поэтому применение фитотерапевтических средств особенно показано при хронических вялотекущих заболеваниях, когда лечение должно проводиться длительное время [2, 3].

В растениях наряду с органическими веществами содержатся минеральные, которые обнаруживаются в золе при их сжигании. Содержание минеральных веществ в растениях может меняться в зависимости от состава почвы, влажности, биологии растения и другие [3]. Минеральные вещества представлены в растениях макро- и микроэлементами.

Содержание макроэлементов, хотя и колеблется в зависимости от видовой специфичности, характеризуется относительно близкими величинами, в то время как различия в концентрации отдельных микроэлементов настолько велики, что придают черты химической неповторимости каждому виду.

Видовая специфичность растений по микроэлементному составу и их количественному содержанию представляет существенный интерес, как с теоретической точки зрения, так и для использования в практической медицине [2].

Количество микроэлементов, присутствующих в лекарственных растениях, является достаточным для медицинского использования. Как известно, основная потребность в них человеческого организма удовлетворяется продуктами питания и водой, а лечебные дозы элементов, необходимые для коррекции нарушенного равновесия, сравнительно невелики. Лекарственные растения используются в ходе лечения после острого периода (когда целесообразнее применять минеральные соли), а также с целью профилактики различных заболеваний [2, 4].

Проблема систематического изучения микроэлементного состава лекарственных растений имеет важное значение для медицины. В настоящее время большое значение придается комплексным препаратам, содержащим витамины, аминокислоты и минеральные вещества. Микроэлементы не только сами обладают определенным физиологическим действием, но могут также проявлять синергизм по отношению к целому ряду веществ, а поэтому из растений можно получать препараты комбинированного действия. Например, установлено, что марганец усиливает действие аскорбиновой кислоты и каротиноидов, содержащихся в лекарственных растениях [3].

Лекарственные формы, представляющие собой естественный комплекс минеральных веществ из растений, имеют существенные преимущества перед остальными лекарственными формами, содержащими микроэлементы.

Это связано с тем, что он прошел через своеобразный биологический фильтр и вследствие этого отличается наиболее благоприятным для организма человека соотношением основных компонентов, что трудно достижимо при создании искусственных смесей.

Существенным преимуществом растений является также то, что в них микроэлементы находятся в органически связанной, то есть наиболее доступной и усвояемой, форме, а также в наборе, свойственном живой природе в целом. Терапевтическое действие микроэлементов также может усиливать активность основного действующего начала лекарственных растений [2-6].

По физиологической значимости концентрируемые растениями элементы могут быть жизненно необходимыми, менее необходимыми и вредными с точки зрения их влияния на организм человека [2].

Микроэлементы классифицируют на эссенциальные (жизненно-необходимые) (Fe, J, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Se, Mn и др.), условно-эссенциальные (As, B, Br, F, Li, Ni и др.), потенциально-токсичные (Ag, Au, Ge, Rb, Sr и так далее) и токсичные (Al, Cd, Pb, Hg, Be и так далее) [7].

Зольный состав растений должен рассматриваться как один из существенных показателей качества растительного сырья, так как при безупречном биохимическом составе, заслуживающем самой высокой оценки, растение может быть признано опасным для здоровья человека или животных, если в золе его будут содержаться недопустимо высокие количества тяжелых металлов [8].

В литературных источниках имеются многочисленные сообщения по содержанию тяжелых металлов в лекарственном сырье, так подобные исследования проводили О.В. Шелепова и М.Е. Пименова [9, 10], М.Л. Калайда и Р.Н. Бариева [11, 12], А.Г. Куклина и О.В. Шелепова [13], В.К. Кашин [14] и так далее.

Наиболее ценные лекарственные растения России включены в Государственную фармакопею [15]. В их числе указаны 12 видов рода Боярышник (*Crataegus* L.), у которых в научной медицине разрешено применение цветков и плодов.

Населением на практике ведется заготовка сырья и с других близкородственных видов боярышника в связи с трудностью определения неспециалисту точной таксономической принадлежности растений. Крупноплодные виды имеют также пищевое значение.

Препараты боярышника применяют при функциональных расстройствах сердечной деятельности, при гипертонической болезни, стенокардии, ангионеврозах, мерцательной аритмии, пароксизмальной тахикардии, при общем атеросклерозе, климактерическом неврозе и других заболеваниях. Галеновые средства используют при различных заболеваниях сердечно-сосудистой системы у лиц пожилого и старческого возраста. Плоды боярышника содержат флавоноиды (кверцетин, гиперин, гиперозид, витексин), органические кислоты (лимонная,

ВЕСОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОВ БОЯРЫШНИКА И СОДЕРЖАНИЕ В НИХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ _ 119-127
олеаноловая, урсоловая, кратегусовая, кофейная, хлорогеновая), каротиноиды, дубильные вещества, жирные масла, пектины, тритерпеновые и флавоновые гликозиды, β -ситостерин, холин, сахара, витамины и другие соединения [16].

По данным В.П. Петровой [17], в плодах различных видов боярышника было обнаружено 17-24 макро- и микроэлементов в зависимости от биологических особенностей вида, места произрастания и условий вегетации. Общее содержание минеральных веществ составило 0.80-1.63% [18].

Согласно Государственной фармакопее [15] содержание общей золы должно быть не более 3%. В терапевтических дозах (50-200 мкг), по Анри Пикару, боярышник кроваво-красный содержит следующие элементы: Mn, Zn, Cu, Ni [2]. В.А. Орловой с соавторами [19] было изучено содержание 4 микроэлементов в плодах и цветках 8 видов боярышника, происхождение которых не указано.

По их данным, некоторые виды сырья боярышника являются перспективными лекарственными растительными объектами, содержащими биогенные микроэлементы. Содержание микроэлементов в цветках в 2-3 раза выше, чем в плодах тех же видов. Содержание элементов возрастает в ряду $Cr < Cu \approx Zn < Mn$, обнаружена парная корреляция содержания Cu/Zn, Cu/Mn, Mn/Zn. Антиоксидантная активность плодов 2 видов боярышников изучалась Н.Г. Романовой с соавторами [20].

Целью наших исследований было выявление закономерностей весовых показателей плодов представителей рода боярышник (*Crataegus* L.) в интродукционной культуре Республики Марий Эл и определение содержания микроэлементов в плодах изучаемых видов в 2012 году.

Решаемые задачи – определение весовых показателей плодов боярышников (масса, выход сухого сырья, влажность и зольность), определение содержания в плодах микроэлементов и установление закономерностей их накопления. Были изучены пять эссенциальных (Fe, Cu, Zn, Co, Mn и другие), один условно-эссенциальный (Ni), один потенциально-токсичный (Sr) и один токсичный (Cd) элемент.

Экспериментальная часть

Объектами исследования были плоды 11 видов и 2 внутривидовых таксонов боярышника коллекции Дендрария Ботанического сада-института Поволжского государственного технологического университета (г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл). Растения-интродуценты расположены группами на фоне местных древесных видов. Почва на территории Дендрария свежая слабоподзолистая средне- и тяжелосуглинистая на покровных суглинках, подстилаемых песчано-глинистыми пермскими породами [21]. Номенклатура приведена по Р.Е. Циновскису [22]. Биохимическая характеристика плодов изучаемых видов представлена нами ранее [23].

Плоды исследуемых растений боярышников заготавливали в 2012 году в фазе массового созревания плодов. Массу свежесобранных 100 плодов определяли взвешиванием в 3-х повторностях на электронных весах *LEKI B2104* с точностью до 0.01 г.

Образцы плодов высушивали на фильтровальной бумаге до воздушно-сухого состояния в сухом прохладном проветриваемом темном помещении согласно методу сушки лекарственного сырья [3]. Отношением массы воздушно-сухих плодов к массе свежесобранных находили выход воздушно-сухого сырья в процентах.

Определение влажности и зольности производили согласно ГОСТ 24027.2-80 [24]. Для установления абсолютной влажности сырья воздушно-сухие плоды в 3-х повторностях высушивали при температуре 105 °С до постоянной массы в сушильном шкафу *МИМП-17УЭ* (ЗАО «МИУС», Тула, Россия) и затем охлаждали в эксикаторе с осушающим агентом (безводный хлорид кальция).

После охлаждения образцы взвешивали. Расчет остаточной влажности осуществляли отношением разности масс воздушно-сухого и высушенного образца к массе воздушно-сухого в процентах. Для определения содержания золы высушенные образцы каждого вида в 3-х повторностях озоляли в муфельной печи *Shirana* (ЧССР) при температуре 500 °С в течение 6-ти часов и затем охлаждали в эксикаторе с осушающим агентом (безводный хлорид кальция). Отношением массы золы к массе высушенного образца в процентах находили значения зольности исследуемых плодов.

Содержание ионов металлов определяли методом атомно-абсорбционного спектрального анализа на спектрометре *AAnalyst 400* (*Perkin Elmer*, USA) [25]. Подготовку образцов для анализа на содержание микроэлементов осуществляли согласно Е.Г. Журавлевой [26]. Анализ проводили в трех повторностях

для трех образцов каждого вида. Применяемые химические реактивы были х.ч. и ос.ч. квалификации. В качестве стандартных растворов использовались государственные стандартные образцы (ООО ЦСОВВ) водных растворов ионов с текущим гарантийным сроком годности. Условия анализа подобраны таким образом, что величина относительной погрешности измерения аналитического сигнала не превышала 5%, а коэффициенты корреляции уравнений регрессий калибровочной кривой были не менее 0.997.

Количественная и статистическая обработка результатов анализа производилась с использованием компьютерных программ *VinLab32 (PerkinElmer)* и *Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft)*.

Погрешность измерений рассчитана в соответствии с [27, С.302-329]. Дана оценка наличия грубых погрешностей по Q -критерию и методом вычисления максимального относительного отклонения. В результате расчётов грубых погрешностей с доверительной вероятностью 95% не выявлено.

Произведена оценка доверительного интервала ($\pm \Delta \bar{x}$) для среднего значения \bar{x} экспериментально определённых концентраций элементов с доверительной вероятностью 95%.

Уровень изменчивости определен по Г.Н. Зайцеву [28]. Все изученные таксоны разделены на группы с низким, средним и высоким содержанием микроэлементов по критерию $\bar{x} \pm \sigma$.

Содержание элементов в пересчёте на сухой образец, $C_Э$, мг/кг, произведено по формуле:

$$C_Э = (C_P \cdot V_P) / M_C,$$

где: $C_Э$ – содержание элемента, мг на 1 кг сухого образца; C_P – содержание элемента

в растворе, мг/дм³; V_P – объем раствора, в котором была растворена зола, см³;

M_C – масса сухого образца, г. Для образцов, зола которых была полностью растворена – содержание элементов в золе соответствует содержанию элементов в сухом образце.

Результаты и их обсуждение

Весовые параметры плодов изученных таксонов представлены в табл. 1.

Табл. 1. Весовые показатели плодов боярышников в БСИ ПГТУ урожая 2012 г.

Наименование вида	Масса 100 шт. плодов	Выход воздушно-сухого сырья, %	Влажность сухого сырья, %	Зольность, %
<i>Oxyacanthae</i> Loud.				
<i>C. volgensis</i> Pojark.	112.9 ± 1.0	36.9 ± 0.8	5.4 ± 0.3	3.0 ± 0.2
<i>Sanguineae</i> C. K. Schneid.				
<i>C. × almaatensis</i> Pojark.	103.5 ± 1.0	34.4 ± 0.4	5.9 ± 0.2	2.3 ± 0.1
<i>C. korolkowii</i> L. Henry	84.5 ± 1.9	37.4 ± 0.4	6.2 ± 0.1	2.2 ± 0.2
<i>C. maximowiczii</i> C. K. Schneid.	57.4 ± 0.2	38.6 ± 0.1	6.1 ± 0.3	3.1 ± 0.1
<i>C. sanguinea</i> Pall.	72.6 ± 1.0	37.1 ± 0.2	6.0 ± 0.4	2.3 ± 0.2
<i>Punctatae</i> Loud.				
<i>C. punctata</i> Jacq.	241.8 ± 5.6	30.5 ± 0.1	5.4 ± 0.3	3.3 ± 0.3
<i>C. punctata</i> f. <i>aurea</i> (Ait.) Rehd.	269.3 ± 6.2	33.4 ± 0.2	4.6 ± 0.2	3.1 ± 0.1
<i>Macracanthae</i> Loud.				
<i>C. macracantha</i> Lodd.	86.2 ± 0.3	39.3 ± 0.3	5.8 ± 0.2	3.9 ± 0.2
<i>Rotundifolia</i> Eggl.				
<i>C. horrida</i> Medik.	155.6 ± 2.6	30.3 ± 0.3	6.6 ± 0.2	2.2 ± 0.1
<i>C. horrida</i> var. <i>chrysocarpa</i> (Ashe) Cin.	157.6 ± 4.0	34.1 ± 0.2	5.4 ± 0.2	2.7 ± 0.3
<i>Molles</i> Sarg.				
<i>C. submollis</i> Sarg.	266.9 ± 6.1	32.3 ± 0.2	7.0 ± 0.2	2.9 ± 0.2
<i>Coccineae</i> Loud.				
<i>C. pringlei</i> Sarg.	246.2 ± 3.0	33.0 ± 0.1	6.7 ± 0.4	3.7 ± 0.5
<i>Tenuifoliae</i> Sarg.				
<i>C. flabellata</i> (Bosc ex Spach) K. Koch	158.9 ± 3.2	32.2 ± 1.4	6.9 ± 0.4	2.9 ± 0.5
Среднее	154.9 ± 21.5	34.6 ± 0.8	6.0 ± 0.2	2.8 ± 0.2

Масса 100 плодов изученных видов варьировала от 57.4 г (*C. maximowiczii*) до 269.3 г (*C. punctata* f. *aurea*), в среднем составила 154.9 г. Виды с массой плодов ниже среднего значения отнесены к мелкоплодным (*C. maximowiczii*, *C. sanguinea*, *C. korolkowii*, *C. macracantha*, *C. almaatensis*, *C. volgensis*), выше – крупноплодным (*C. horrida*, *C. horrida* var. *chrysocarpa*, *C. flabellata*, *C. punctata*, *C. pringlei*, *C. submollis*, *C. punctata* f. *aurea*). Коэффициент вариации массы 100 плодов был равен 13.9%, что соответствовало нижней норме варьирования данного показателя.

Выход воздушно-сухого сырья из свежесобранного составил от 30.3% у *C. horrida* до 39.3% у *C. macracantha*, в среднем – 34.6%. Значения признака характеризовались нижней нормой варьирования ($V = 8.7\%$).

Между массой плодов и процентом выхода воздушно-сухого сырья обнаружена обратная тесная корреляционная связь ($r = -0.76$), то есть процент выхода воздушно-сухих плодов у мелкоплодных видов выше, чем у крупноплодных.

Влажность сухих плодов составила в среднем 6.0%, у разных видов – от 4.6 до 7.0%. Значения данного признака характеризовались небольшим варьированием ($V = 3.2\%$). Между влажностью и массой плодов корреляционная связь отсутствовала ($r = -0.02$).

Показатель зольности плодов изученных видов менялся от 2.2 до 3.9%, в среднем – 2.8%. Уровень изменчивости признака находился на границе небольшого и нормального уровней ($V = 5.8\%$). Между зольностью и массой плодов обнаружена слабая положительная корреляционная связь ($r = 0.33$).

В табл. 2 и на рисунке представлены данные по содержанию ионов 8 металлов в плодах 13 видов и внутривидовых таксонов боярышника.

Табл. 2. Количественное содержание ионов металлов в плодах *Crataegus* в БСИ ПГТУ урожая 2012 г. по секциям, мг/кг на сухое вещество (числитель) и сырое вещество (знаменатель)

Наименование таксона	Cd	Sr	Co	Ni	Mn	Zn	Cu	Fe	всего
<i>Oxyacanthae</i> Loud.									
<i>C. volgensis</i> Pojark.	<u>0.18</u> 0.06	<u>0.99</u> 0.35	<u>0.69</u> 0.24	<u>1.55</u> 0.54	<u>15.76</u> 5.50	<u>6.01</u> 2.10	<u>5.62</u> 1.96	<u>12.44</u> 4.34	<u>43.24</u> 15.09
<i>Sanguineae</i> C. K. Schneid.									
<i>C. × almaatensis</i> Pojark.	<u>0.14</u> 0.05	<u>0.07</u> 0.02	<u>0.53</u> 0.18	<u>1.66</u> 0.55	<u>9.05</u> 3.00	<u>3.59</u> 1.19	<u>3.42</u> 1.13	<u>10.08</u> 3.33	<u>28.54</u> 9.45
<i>C. korolkowii</i> L. Henry	<u>0.12</u> 0.04	0	<u>0.63</u> 0.22	<u>2.72</u> 0.95	<u>7.98</u> 2.80	<u>4.50</u> 1.59	<u>3.43</u> 1.20	<u>10.85</u> 3.81	<u>30.23</u> 10.61
<i>C. maximowiczii</i> C. K. Schneid.	<u>0.13</u> 0.05	<u>1.33</u> 0.48	<u>0.64</u> 0.23	<u>3.13</u> 1.14	<u>9.15</u> 3.32	<u>5.25</u> 1.90	<u>3.83</u> 1.39	<u>11.71</u> 4.24	<u>35.17</u> 12.75
<i>C. sanguinea</i> Pall.	<u>0.14</u> 0.05	0	<u>0.53</u> 0.19	<u>2.47</u> 0.88	<u>6.84</u> 2.44	<u>4.91</u> 1.75	<u>3.32</u> 1.18	<u>10.19</u> 3.63	<u>28.40</u> 10.12
<i>Punctatae</i> Loud.									
<i>C. punctata</i> Jacq.	<u>0.06</u> 0.02	<u>0.97</u> 0.28	<u>0.82</u> 0.24	<u>1.61</u> 0.46	<u>7.48</u> 2.16	<u>2.13</u> 0.61	<u>3.16</u> 0.91	<u>12.13</u> 3.50	<u>28.36</u> 8.18
<i>C. punctata f. aurea</i> (Ait.) Rehd.	<u>0.08</u> 0.03	<u>0.23</u> 0.07	<u>0.70</u> 0.22	<u>1.98</u> 0.63	<u>5.70</u> 1.82	<u>2.24</u> 0.71	<u>3.86</u> 1.23	<u>10.72</u> 3.42	<u>25.51</u> 8.13
<i>Macracanthae</i> Loud.									
<i>C. macracantha</i> Lodd.	<u>0.20</u> 0.07	<u>1.36</u> 0.50	<u>1.17</u> 0.43	<u>3.71</u> 1.37	<u>9.96</u> 3.69	<u>3.42</u> 1.27	<u>2.97</u> 1.10	<u>10.15</u> 3.76	<u>32.94</u> 12.19
<i>Rotundifolia</i> Eggl.									
<i>C. horrida</i> Medik.	<u>0.08</u> 0.02	0	<u>0.63</u> 0.18	<u>2.23</u> 0.63	<u>6.24</u> 1.77	<u>2.67</u> 0.76	<u>2.49</u> 0.70	<u>12.73</u> 3.60	<u>27.07</u> 7.66
<i>C. horrida</i> var. <i>chrysocarpa</i> (Ashe) Cin.	<u>0.06</u> 0.02	<u>0.19</u> 0.06	<u>0.70</u> 0.23	<u>1.51</u> 0.49	<u>6.48</u> 2.09	<u>2.96</u> 0.96	<u>2.71</u> 0.87	<u>10.01</u> 3.23	<u>24.62</u> 7.95
<i>Molles</i> Sarg.									
<i>C. submollis</i> Sarg.	<u>0.07</u> 0.02	<u>0.20</u> 0.06	<u>0.96</u> 0.29	<u>2.50</u> 0.75	<u>8.28</u> 2.49	<u>3.38</u> 1.01	<u>3.05</u> 0.92	<u>11.23</u> 3.37	<u>29.67</u> 8.91
<i>Coccineae</i> Loud.									
<i>C. pringlei</i> Sarg.	<u>0.06</u> 0.02	<u>0.71</u> 0.22	<u>1.08</u> 0.33	<u>1.12</u> 0.35	<u>10.11</u> 3.11	<u>2.87</u> 0.88	<u>3.33</u> 1.03	<u>10.82</u> 3.33	<u>30.10</u> 9.27
<i>Tenuifoliae</i> Sarg.									
<i>C. flabellata</i> (Bosc ex Spach) K. Koch	<u>0.08</u> 0.02	<u>0.57</u> 0.17	<u>0.60</u> 0.18	<u>1.99</u> 0.60	<u>48.05</u> 14.40	<u>2.93</u> 0.88	<u>3.49</u> 1.05	<u>9.34</u> 2.80	<u>67.05</u> 20.10
Среднее	0.11± 0.013	0.51± 0.142	0.75± 0.056	2.17± 0.202	11.62± 3.118	3.60± 0.334	3.44± 0.212	10.95± 0.289	33.15± 3.121
Коэффициент вариации, %	43.2	100.3	27.3	33.6	96.7	33.4	22.2	9.5	34.0

Наибольшее количество ионов металлов, содержание которых было нами определено, обнаружено в плодах *C. flabellata* (67.05 мг/кг), наименьшее – в плодах *C. horrida* var. *chrysocarpa* (24.62 мг/кг). В среднем в плодах было накоплено 33.15 мг/кг ионов металлов.

Наибольшую долю занимали ионы марганца и железа, наименьшую – кобальт, стронций и кадмий. В целом, изученные металлы по их содержанию в плодах видов боярышника можно расположить в следующей последовательности в порядке убывания: железо>марганец>цинк≈медь>никель>кобальт>стронций>кадмий. Лишь в плодах *C. flabellata* лидирующее место занимал марганец.

Все обследованные таксоны были разделены на группы с низким, средним и высоким содержанием каждого элемента в их плодах. В группу с высокой концентрацией железа вошли *C. punctata* и *C. volgensis*, низкой – *C. flabellata*. Остальные виды отнесены к группе со средним содержанием ионов железа.

Межвидовая изменчивость составила 9,5%, что находится в пределах нижней нормы варьирования признака. Высокое содержание марганца обнаружено в плодах *C. flabellata*, плоды остальных видов накопили среднее его количество. Коэффициент вариации был равен 96.7%, что говорит об очень большом уровне изменчивости. Аномально высокое количество ионов марганца в плодах *C. flabellata* требует проверки в другие годы исследований.

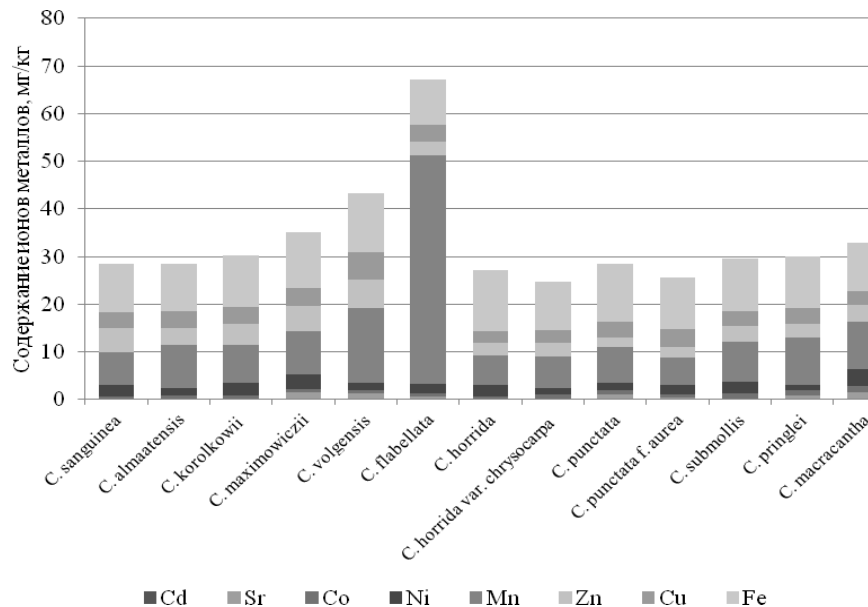


Рисунок. Количественное содержание ионов металлов в плодах *Crataegus* в БСИ ПГТУ урожая 2012 г., мг/кг на сухое вещество

К группе с высоким содержанием цинка были отнесены *C. volgensis*, *C. maximowiczii* и *C. sanguinea*, с низким – *C. punctata*. Оставшиеся виды вошли в группу со средней концентрацией указанного элемента, изменчивость составила 33.4% (верхняя норма). Высокое количество меди обнаружено в плодах *C. volgensis*, низкое – в плодах *C. horrida*, среднее – в плодах остальных изученных видов. Варьирование признака составило 22.2% (нижняя норма).

Большое количество ионов никеля накопилось в плодах *C. macracantha* и *C. maximowiczii*, низкое – в плодах *C. pringlei*. Средними значениями содержания никеля характеризовались плоды оставшихся видов боярышника, коэффициент вариации был равен 33.6%, что относится к верхней норме. В группу с высокой концентрацией кобальта вошли *C. macracantha*, *C. pringlei* и *C. submollis*, низкой – *C. sanguinea* и *C. almaatensis*. Остальные виды отнесены к группе со средним значением содержания кобальта в плодах, межвидовая изменчивость составила 27.3% (верхняя норма варьирования).

Ионы стронция не были обнаружены в плодах *C. sanguinea*, *C. korolkowii* и *C. horrida*. Плоды *C. almaatensis* характеризовались низким количеством этого металла. *C. macracantha* и *C. maximowiczii* отнесены к группе с высоким содержанием стронция, остальные виды – со средним. Варьирование признака составило 100.3%, что говорит об очень большом уровне изменчивости. В группу с низкой концентрацией кадмия в плодах вошли *C. horrida var. chrysocarpa*, *C. pringlei* и *C. punctata*, с высокой – *C. volgensis* и *C. macracantha*. Оставшиеся виды отнесены к группе со средним содержанием кадмия в плодах. Изменчивость составила 43.2% (верхняя норма варьирования).

Таким образом, высокое содержание 4 из 8 изученных элементов отмечено в плодах *C. macracantha* и *C. volgensis*, 3 элементов – *C. maximowiczii*, 1 элемента – *C. flabellata*, *C. pringlei*, *C. punctata*, *C. sanguinea*, *C. submollis*. Плоды видов *C. almaatensis*, *C. korolkowii*, *C. horrida var. chrysocarpa*, *C. horrida*, *C. punctata f. aurea* характеризовались только средним и низким содержанием изученных металлов.

Растения видов *C. almaatensis*, *C. korolkowii*, *C. sanguinea* произрастают в непосредственной близости друг от друга, поэтому они имеют близкий химический состав плодов. Также причину мы видим в таксономической близости этих видов, относящихся к секции *Sanguineae*. К этой же секции относится и *C. maximowiczii*. Наше исследование показало, что в его плодах изученные элементы содержатся в сходном количестве, за исключением никеля и стронция, что может быть вызвано отличием внешних условий.

Несмотря на близкое родство и непосредственную близость мест произрастания, плоды, собранные с растений *C. punctata* и *C. punctata* f. *aurea*, по химическому составу достоверно отличались между собой ($t_d > 3$) по содержанию 5 химических элементов из 8 изученных. Причину мы видим в специфических особенностях накопления ионов металлов растениями данной формы с желтой окраской плодов в отличие от типового образца вида. Плоды *C. horrida* и его разновидности *C. horrida* var. *chrysocarpa* достоверно отличались по содержанию всех изученных элементов, кроме марганца.

Нами был проведен расчет коэффициентов корреляции между содержанием ионов изученных металлов в плодах разных видов боярышника, результаты представлены в табл. 3.

Прямые корреляционные связи средней силы обнаружены между содержанием ионов кобальта и стронция, кадмия и никеля, цинка и меди, цинка и кадмия. Между содержанием остальных элементов присутствовали прямые корреляционные связи слабой силы или отсутствовали.

Полученные результаты были сравнены с величинами ПДК согласно СанПиН [29]. Важно отметить, что в плодах некоторых обследованных видов обнаружено превышение ПДК по содержанию кадмия (0.03 мг/кг в свежих фруктах и ягодах). Наибольшее превышение наблюдалось в плодах *C. macracantha* (в 2.3 раза) и *C. volgensis* (в 2 раза).

В 1.7 раза выше ПДК содержание кадмия в плодах *C. sanguinea*, *C. almaatensis* и *C. maximowiczii*, в 1.3 раза – *C. korolkowii*. Все перечисленные выше виды отнесены нами к мелкоплодным, тогда как плоды крупноплодных представителей родового комплекса накопили кадмий в пределах ПДК: *C. flabellata*, *C. horrida*, *C. horrida* var. *chrysocarpa*, *C. punctata*, *C. punctata* f. *aurea*, *C. submollis*, *C. pringlei*.

Ранее в органах элеутерококка колючего, произрастающего на территории БСИ, также было обнаружено повышенное содержание ионов кадмия [30], что вкупе с нашими исследованиями говорит о необходимости поиска причин высокого содержания этого элемента в окружающей среде Ботанического сада-института. Известно [31], что главным фактором, определяющим содержание кадмия в почве, является химический состав материнской породы; высокая концентрация кадмия характерна для глинистых осадков и сланцев.

Кадмий включается в состав гумуса, поглощается и надолго удерживается корнеобитаемым слоем почвы. В связи с этим мы предполагаем, что высокое содержание кадмия в органах растений боярышника вызвано повышенным содержанием этого элемента в почве, а это связано с существенной адсорбцией кадмия глинами в кислом диапазоне pH [31]. Эта гипотеза требует проверки, и в дальнейшем исследования по определению содержания ионов металлов в плодах боярышников будут продолжены с учетом их содержания в почве.

Заключение

Таким образом, виды боярышника в интродукционной культуре Республики Марий Эл впервые для региона были изучены с точки зрения содержания в их плодах микроэлементов. Выявлены закономерности накопления между отдельными элементами, выделены виды, плоды которых могут быть использованы в качестве источника микроэлементов. Изучены весовые показатели плодов, знание которых необходимо для обоснования рекомендаций по

Табл. 3. Значения коэффициентов корреляции между содержанием ионов металлов в плодах боярышников

	Cd	Sr	Co	Ni	Mn	Zn	Cu	Fe
Cd	1							
Sr	0.37	1						
Co	0.01	0.50	1					
Ni	0.54	0.28	0.17	1				
Mn	-0.03	0.16	-0.16	-0.09	1			
Zn	0.71	0.20	-0.30	0.28	-0.02	1		
Cu	0.46	0.34	-0.19	-0.19	0.20	0.65	1	
Fe	-0.03	0.20	0.02	-0.07	-0.40	0.17	0.25	1

Примечание: прямой шрифт – нет связи, курсив – слабые связи, полужирный – средние.

Полная исследовательская публикация _____ Мухаметова С.В. и Таланцев В.И. применению видов боярышника, имеющих пищевое и лекарственное значение. Проведенное исследование позволяет наметить пути дальнейшего изучения представителей данного рода на вопрос качества плодов боярышников, формирующихся в условиях Республики Марий Эл.

Выводы

1. Среди изученных таксонов боярышника в Ботаническом саду-институте ПГТУ выделены виды с мелкими плодами – *Crataegus maximowiczii*, *C. sanguinea*, *C. altaica*, *C. macracantha*, *C. almaatensis*, *C. volgensis*, с крупными плодами – *C. horrida*, *C. horrida* var. *chrysocarpa*, *C. flabellata*, *C. punctata*, *C. pringlei*, *C. submollis*, *C. punctata* f. *aurea*.
2. Выход воздушно-сухого сырья видов боярышника из свежесобранного в среднем составил 34.6%, мелкоплодные виды характеризовались более высокими значениями признака по сравнению с крупноплодными. Среднее значение остаточной влажности сухого сырья составляло 6.0%, корреляционная связь с массой плодов отсутствовала. Зольность сухих плодов изученных видов составила в среднем 2.8% при слабой положительной корреляционной связи с массой плодов.
3. Среди изученных таксонов боярышника в Ботаническом саду-институте ПГТУ, плоды мелкоплодных видов боярышника в 2012 году имели превышение ПДК по кадмию в 2.3-1.3 раза и не рекомендуются использоваться в качестве пищевого продукта, тогда как плоды крупноплодных видов безопасны и могут применяться в качестве источника микроэлементов.
4. Высокое содержание ионов металлов – 4 (3) из 8 изученных микроэлементов, отмечено в плодах *Crataegus macracantha*, *C. volgensis*, *C. maximowiczii*. Средним и низким содержанием металлов характеризовались плоды *C. almaatensis*, *C. korolkowii*, *C. horrida* var. *chrysocarpa*, *C. horrida*, *C. punctata* f. *aurea*.
5. Обнаружена корреляционная связь средней силы между накоплением в плодах видов боярышника ионов кобальта и стронция, кадмия и никеля, цинка и меди, цинка и кадмия.

Благодарности

Работы выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания высшим учебным заведениями в части проведения научно-исследовательских работ (ГБ № 27) с использованием оборудования лаборатории химического и технического анализа Центра коллективного пользования «Экология, биотехнологии и процессы получения экологически чистых энергоносителей» ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет».

Литература

- [1] Максютин Н.П., Комиссаренко Н.Ф., Прокопенко А.П., Погодина Л.И., Липкан Г.Н. Растительные лекарственные средства. Киев: Здоровье. 1985. 280с.
- [2] Ловкова М.Я., Рабинович А.М., Пономарева С.М., Бузук Г.Н., Соколова С.М. Почему растения лечат. М.: Наука. 1990. 256с.
- [3] Яковлев Г.П. Лекарственное сырье растительного и животного происхождения. Фармакогнозия: учебное пособие. СПб.: СпецЛит. 2006. 845с.
- [4] Люта М.Л., Крамаренко Г.В., Калаталюк Л.В., Кость А.С. Использование лекарственного растительного сырья, содержащего микроэлементы, для получения сбора [Электронный ресурс]. Провизор. 2004. №15. URL: http://www.provisor.com.ua/archive/2004/N15/art_19.php?part_code=14&art_code=4282.
- [5] Исаев Ю.А. Лечение микроэлементами, металлами и минералами. Киев: Здоровье. 1992. 118с.
- [6] Кисличенко В.С. Лекарственные растения — источники минеральных веществ [Электронный ресурс]. Провизор. 1999. № 20. URL: http://www.provisor.com.ua/archive/1999/N20/lek_rast.php.
- [7] Скальный, А.В. Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир. 2004. 272с.
- [8] Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, Ленингр. отд-ние. 1987. 142с.

- [9] Шелепова О.В., Пименова М.Е. Региональные особенности формирования микроэлементного состава лекарственных растений. *Ботанические сады как центры сохранения биоразнообразия и рационального использования растительных ресурсов: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 60-летию Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН, 5-7 июля 2005 г., г. Москва. М.: ГБС РАН. 2005. С.549-552.*
- [10] Шелепова О.В., Пименова М.Е. Особенности микроэлементного состава дикорастущих лекарственных растений Архангельской области [Электронный ресурс]. *Актуальные проблемы геоботаники: III Всеросс. школа-конференция. II часть. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2007. С.298-302. URL: <http://geobotany.krc.karelia.ru/publ.php?plang=r&id=2771>*
- [11] Калайда М.Л., Бариева Р.Н. Исследование листового опада березы повислой на содержание тяжелых металлов в условиях разной степени антропогенной нагрузки. *Бутлеровские сообщения. 2010. Т.22. №10. С.59-66.*
- [12] Калайда М.Л., Бариева Р.Н. Особенности накопления тяжелых металлов в листе разных видов-озеленителей. *Бутлеровские сообщения. 2011. Т.25. №8. С.27-31.*
- [13] Куклина А.Г., О.В. Шелепова. Фитохимический анализ листьев и плодов *Amorpha fruticosa* L. во вторичном ареале. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Естественные науки. 2012. Т.19. №9. С.147-151.*
- [14] Кашин В.К. Содержание токсичных микроэлементов в лекарственных растениях Забайкалья. *Агрехимия. 2012. №11. С.74-81.*
- [15] Государственная фармакопея СССР: Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. МЗ СССР. 11-е изд., доп. М.: Медицина. 1989. С.283-289.
- [16] Соколов С.Я., Замотаев И.П. Справочник по лекарственным растениям (Фитотерапия). Изд. 2, стереотипное. М.: Медицина. 1988. С.101-103.
- [17] Петрова В.П. Дикорастущие плоды и ягоды. М.: Лесн. пром-сть. 1987. С.100-123.
- [18] Петрова В.П. Биохимическая и технологическая характеристика плодов боярышников, интродуцированных в лесостепи Украины. *Автореф. дисс. канд. техн. наук. Одесса. 1969. 27с.*
- [19] Орлова В.А., Плетенева Т.В., Ванивская Э.Н., Балуда В.П. Определение микроэлементов в лекарственном растительном сырье методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой после автоклавного концентрирования. *Журнал аналитической химии. 1990. Т.45. Вып.1. С.29-34.*
- [20] Романова Н.Г., Зеленков В.Н., Лапин А.А. Определение антиоксидантной активности плодово-ягодного сырья. *Бутлеровские сообщения. 2010. Т.22. №11. С.71-75.*
- [21] Котова Л.И., Лазарева С.М., Сухарева Л.В. и др. Коллекционные фонды Ботанического сада-института Марийского государственного технического университета. Изд. 2-е, доп., испр. *Йошкар-Ола: МарГТУ. 2011. 152с.*
- [22] Циновскис Р.Е. Боярышники Прибалтики. *Рига: Зинатне. 1971. 388с.*
- [23] Мухаметова С.В. Биохимическая характеристика плодов некоторых видов боярышника в Республике Марий Эл. *Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т.16. №15. С.103-107.*
- [24] ГОСТ 24027.2–80. Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла. *Лекарственное растительное сырье. Ч. 2. Корни, плоды, сырье: Сб. ГОСТов. М.: ИПК Изд-во стандартов. 1999. С.119-126.*
- [25] Методика выполнения измерений валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля, марганца, кобальта, хрома методом атомно-абсорбционной спектроскопии. М.: Изд. ФГУ ФЦАО. 2007. 20с.
- [26] Журавлева Е.Г. Подготовка почвенных и растительных образцов для анализа на содержание микроэлементов. *Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах: под ред. И.Г. Важенина. М.: Колос. 1974. С.7-24.*
- [27] Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. 5-е изд., перераб. Л.: Химия. 1986. 432с.
- [28] Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука. 1990. 296с.
- [29] Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: СанПиН 2.3.2.1078-01. *Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 2002. № 22. С.3-116.*
- [30] Разумников Н.А., Таланцев В.И., Разумников И.Н. Закономерности накопления биомассы листьев элеутерококка колючего и содержания в них микроэлементов. *Вестник МарГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2012. №1 (14). С.87-95.*
- [31] Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение / Под. общ. ред. М.М. Овчаренко. М.: Пролетарский светоч. 1997. 290с.