

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА
ПЛОДОВ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ
(*HIPPORHAE RHAMNOIDES* L.)
РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ**

М.А. Рудая, О.В. Тринеева*, А.И. Сливкин

Воронежский государственный университет, Россия

РЕЗЮМЕ. Проведены исследование и анализ элементного состава плодов облепихи крушиновидной различных сортов. Выявлено сходство состава макро-, микро- и ультрамикроэлементов плодов сортовой и дико-растущей облепихи крушиновидной. Установлено, что содержание токсичных тяжелых металлов и мышьяка не превышает допустимых нормативов. В исследуемых объектах выявлено превышение предельно допустимой концентрации для железа, меди, цинка, кобальта и хрома, установленной для овощей и зелени. Проведенные исследования свидетельствуют о необходимости нормирования в лекарственном растительном сырье предельно допустимого содержания не только безусловно токсичных элементов (кадмий, ртуть, мышьяк, свинец), но и других потенциально опасных тяжелых металлов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: плоды облепихи крушиновидной различных сортов, элементный состав, хромато-масс-спектрометрия, коэффициент биологического накопления.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время все больший интерес уделяется не только изучению биологически активных веществ (БАВ) органической природы, которые содержатся в лекарственном растительном сырье (ЛРС), но и веществам минерального происхождения. Последние оказывают влияние на ход жизненно важных процессов в организме, принимая участие в различных биохимических реакциях. Такие элементы, как Zn, Mn, Ni, Cr, Cu являются жизненно необходимыми для растений, поскольку входят в состав активных центров различных ферментов (Минкина и др., 2013). Микроэлементы участвуют в процессах обмена веществ, дыхания, фотосинтеза и др. (Протасова, 1998).

Известно, что биохимический состав растений зависит от сорта, места произрастания, времени сбора и способа консервации. Микроэлементный профиль растений несет в себе информацию об экологическом состоянии региона и непосредственно самого растения. Изучение способности накопления различных химических элементов ЛРС даёт возможность судить о безопасности его использования в медицинских целях.

Одним из ценнейших источников БАВ растительного происхождения являются плоды облепихи крушиновидной (ОК). Изучению элементного состава плодов этого растения посвящен ряд работ (Тринеева и др., 2015). Данное растение в фармацевтической промышленности используется для производства облепихового масла, а также препаратов на его основе. Стандартизация как свежих, так и сухих плодов облепихи крушиновидной в России регламентирована требованиями устаревшей нормативной документации (НД) (Богачева, 2001). В ведущих зарубежных фармакопеях (Европейская фармакопея, Международная фармакопея, фармакопея США) информации на данный вид сырья не обнаружено. Последняя действующая Государственная фармакопея (ГФ) РФ XIII изд. не содержит фармакопейные статьи (ФС) на данный вид ЛРС, однако разработаны проекты ФС различных способов консервации в соответствии с современными требованиями к ЛРС (Тринеева и др., 2016; Тринеева, 2016).

Заготовку плодов ОК проводят как от культивируемых, так и от дикорастущих растений на

* Адрес для переписки:

Тринеева Ольга Валерьевна
E-mail: trineevaov@mail.ru

различных территориях Европы и Азии. Широкая популярность фитотерапии определяет необходимость в повышении уровня качества ЛРС и лекарственных растительных препаратов на его основе.

Цель исследования – сравнительное изучение состава и способности к аккумулярованию элементов в плодах облепихи крушиновидной различных сортов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись плоды ОК сортов («Столичная», «Галерит», «Рябиновая», «Ботаническая любительская», «Ботаническая», «Трофимовская», «Студенческая», «Ботаническая ароматная», «Краснокарминовая», «Нивелена»), заготовленные в Ботаническом саду МГУ имени М.В. Ломоносова, а также образцы почвы с места произрастания. Для сравнения полученных результатов анализу подвергали также плоды дикорастущего растения ОК, заготовленные на территории Воронежской области. Сушку плодов производили при $t = 60^\circ$ до остаточной влажности не более 14%.

Определение общей золы и золы, нерастворимой в кислоте хлористоводородной 10%-ной проводили в соответствии с ОФС ГФ XIII изд. (Государственная фармакопея Российской Федерации, XIII изд.). Полученные результаты обрабатывали в соответствии с требованиями ОФС ГФ XIII изд. (Государственная фармакопея Российской Федерации, XIII изд.) с использованием пакета прикладных программ «Statistica 12.0» и «Microsoft EXCEL» 2016 г.

Анализ элементного состава проводили методом хромато-масс-спектрометрии с индуктивно

связанной плазмой на приборе ELAN-DRC, для чего образцы (плоды ОК и почву с места произрастания) подвергали кислотному разложению с использованием систем микроволновой пробоподготовки. Пробоподготовка осуществлялась как описано в МВИ № 002-ХМС-2009 «Методика выполнения измерений массовых долей 62 элементов в почвах, донных отложениях, горных породах и сплавах цветных металлов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой».

Для контроля правильности определения использовали метод добавок. Рабочие стандартные растворы готовили путем смешивания нескольких опорных многоэлементных стандартных растворов для масс-спектрометрии, производства «Perkin-Elmer» или аналогичные, содержащие разные группы элементов. Используемые референс-стандарты: для анализа почв – почва дерновоподзолистая ГСО 5360-90, ООКО-153, почва дерновоподзолистая супесчаная ГСО 2498-83-2500-83, СДПС-1, СДПС-2, СДПС-3; для анализа проб растительного происхождения – ГСО состава травосмеси (Тр-1), ГСО 8922-2007, ГСО состава элодеи канадской (ЗК-1), ГСО 8921-2007, ГСО состава листа березы (ЛБ-1), ГСО 8923-2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатель зола общая (табл. 1), который характеризует общую сумму минеральных компонентов, не соответствует требованиям действующей НД (табл. 2), однако удовлетворяет разработанным требованиям проекта ФС на плоды облепихи крушиновидной (Тринеева и др., 2016; Тринеева, 2016).

Таблица 1. Результаты показателей зола общая и зола, не растворимая в HCl для изучаемых объектов

Сорт	Зола общая, %	Зола, нерастворимая в HCl, %
Столичная	3,917 ± 0,0125	0,7493 ± 0,0025
Галерит	2,8871 ± 0,0079	0,1049 ± 0,0003
Рябиновая	2,6441 ± 0,008	0,622 ± 0,0019
Ботаническая любительская	3,3863 ± 0,0045	0,0276 ± 0,00005
Ботаническая	2,6541 ± 0,009	0,9207 ± 0,003
Трофимовская	3,716 ± 0,00006	0,0826 ± 0,00001
Студенческая	2,9369 ± 0,013	0,0551 ± 0,0002
Ботаническая ароматная	3,5841 ± 0,003	0,5932 ± 0,0005
Краснокарминовая	3,2079 ± 0,004	0,132 ± 0,0001
Нивелена	3,3822 ± 0,0008	0,0672 ± 0,000005

Таблица 2. Нормативы показателей зола общая и зола, не растворимая в HCl для изучаемых объектов

Показатель	Требование по ТУ 64-472-88	Требование ГФ республики Беларусь	Требование проекта ФС
Зола общая, %	Не более 3	Не более 1	Не более 4
Зола, нерастворимая в HCl, %	Не нормируется		Не более 1

Для исследования полного элементного состава изучаемого ЛРС были выбраны сорта с максимальным содержанием золы общей и золы, нерастворимой в HCl. Последний показатель наиболее тесно взаимосвязан с накоплением растением тяжелых металлов ввиду того, что хлори-

ды тяжелых металлов (ртуть (II), свинец, серебро, медь и др.) мало или практически нерастворимы в воде. Результаты определения элементного состава сортов «Столичная» и «Ботаническая ароматная», а также почвы с места их произрастания приведены в табл. 3.

Таблица 3. Элементный состав высушенных плодов облепихи крушиновидной сортов «Столичная» и «Ботаническая ароматная» в пересчете на абсолютно сухое сырье, мкг/г

Элемент	Облепиха крушиновидная дикорастущая (Тринеева, 2016)	Сорт «Столичная»	Сорт «Ботаническая ароматная»	Почва
1	2	3	4	5
Калий (K)	19286,980±193	15465,900±155	16774,100±168	17000±170
Кальций (Ca)	1310,280±13	1290,200±13	1163,030±12	11200±112
Магний (Mg)	767,380±8	810,920±8	676,960±7	4300±43
Натрий (Na)	218,136±2	175,180±2	170,900±2	5600±56
Фосфор (P)	3411,120±34	3455,230±34	3890,840±39	1200±12
Алюминий (Al)	16,263±1,624	24,240±2,424	27,740±2,774	43500±435
Барий (Ba)	1,188±0,119	1,270±0,127	1,260±0,126	500±5
Бор (B)	18,154±1,815	31,070±3,107	29,070±2,907	-
Бром (Br)	Менее 50,00	3,280±0,328	3,830±0,383	-
Железо (Fe)	60,244±6,024	148,740±14,874	178,670±17,867	28900±289
Марганец (Mn)	15,067±1,507	13,110±1,311	12,990±1,300	650±6,500
Медь (Cu)	6,271±0,627	11,790±1,179	11,080±1,108	51±5,100
Молибден (Mo)	1,501±0,150	0,950±0,095	1,020±0,102	1,500±0,150
Йод (I)	0,329±0,033	0,140±0,014	0,120±0,012	-
Селен (Se)	0,251±0,025	0,091±0,009	0,076±0,008	5±0,500
Кобальт (Co)	0,073±0,007	0,110±0,011	0,100±0,010	11±0,110
Стронций (Sr)	4,014±0,401	3,019±0,302	2,470±0,247	100±1,000
Хром (Cr)	4,258±0,426	5,080±0,510	5,830±0,583	70±7,000
Цинк (Zn)	19,337±1,934	34,480±3,448	33,180±3,318	130±13,000
Бериллий (Be)	Менее 0,001	0,033±0,003	0,038±0,004	1,200±0,120
Ванадий (V)	0,183±0,018	0,130±0,013	0,130±0,013	68±6,800
Висмут (Bi)	0,005±0,001	0,006±0,001	0,007±0,001	0,39±0,039
Вольфрам (W)	0,151±0,015	0,390±0,039	0,420±0,042	3±0,300
Гадолиний (Gd)	0,003±0,0003	0,005±0,0005	0,004±0,0004	3,800±0,3800
Галлий (Ga)	0,038±0,004	0,038±0,004	0,032±0,003	12±1,2000

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
Гафний (Hf)	0,0014±0,0001	0,0040±0,0004	0,0045±0,0005	4,300±0,4300
Германий (Ge)	0,0011±0,0001	0,0037±0,0004	0,0038±0,0004	1,400±0,1400
Гольмий (Ho)	0,0004±0,00004	0,0011±0,0001	0,0011±0,0001	0,6700±0,067
Диспрозий (Dy)	0,0023±0,0002	0,0022±0,0002	0,0019±0,0002	3,4000±0,3400
Европий (Eu)	0,0010±0,0001	0,0015±0,0002	0,0013±0,0001	0,8500±0,08500
Золото (Au)	0,0059±0,0006	0,0110±0,0011	0,0110±0,0011	0,0500±0,0050
Индий (In)	-	0,0007±0,0001	0,0006±0,0001	0,0500±0,0050
Итрий (Y)	0,0088±0,0009	0,0068±0,0007	0,0079±0,0008	18±1,8000
Иттербий (Yb)	0,0005±0,0001	0,0002±0,0001	0,0003±0,0001	1,9000±0,1900
Лантан (La)	0,0268±0,027	0,0120±0,0012	0,0110±0,0011	20±2,000
Литий (Li)	0,1257±0,0126	0,0720±0,0072	0,0620±0,0060	21±2,100
Лютеций (Lu)	менее 0,0001	0,0001±0,00001	0,0001±0,00001	0,2600±0,0260
Неодим (Nd)	0,0195±0,002	0,0068±0,0007	0,0071±0,0007	19±1,900
Никель (Ni)	1,525±0,153	1,780±0,178	1,580±0,158	8,200±0,820
Ниобий (Nb)	0,0042±0,0004	0,0017±0,0002	0,0016±0,0002	12±1,2000
Олово (Sn)	0,0132±0,0012	0,0290±0,0029	0,0310±0,0031	8,7±0,8700
Платина (Pt)	Менее 0,001	0,0260±0,0026	0,028±0,0028	0,100±0,0100
Празеодим (Pr)	0,0046±0,0005	0,0026±0,0003	0,0023±0,0002	4,7000±0,4700
Рений (Re)	-	0,0001±0,00001	0,0001±0,00001	0,0100±0,0010
Рубидий (Rb)	5,1728±0,5173	3,2900±0,3290	3,7100±0,3710	67±6,7000
Самарий (Sm)	0,0024±0,0002	0,0035±0,0004	0,0035±0,0004	3,6000±0,3600
Серебро (Ag)	0,0135±0,0014	0,0350±0,0035	0,0350±0,0035	1,2000±0,1200
Скандий (Sc)	0,7686±0,0769	0,7900±0,0790	0,8400±0,0840	50±5,0000
Сурьма (Sb)	0,0137±0,0014	0,0860±0,0086	0,0720±0,0072	2,4000±0,2400
Таллий (Tl)	0,0036±0,0004	0,0021±0,0002	0,0019±0,0002	0,4100±0,0410
Тантал (Ta)	0,0011±0,0001	0,0003±0,0001	0,00022±0,0001	0,8400±0,0840
Теллур (Te)	-	0,0010±0,0001	0,0011±0,0001	0,5000±0,0500
Тербий (Tb)	0,0007±0,0001	0,0001±0,00001	0,0001±0,00001	0,5900±0,0590
Титан (Ti)	1,2200±0,122	1,3200±0,132	1,2100±0,121	3700±370
Торий (Th)	0,0072±0,0007	0,0030±0,0003	0,0025±0,0003	5,7000±0,5700
Тулий (Tm)	0,0001±0,00001	0,0003±0,0001	0,0003±0,0001	0,2900±0,0290
Уран (U)	0,0017±0,0002	0,0017±0,0002	0,0015±0,0002	1,8000±0,1800
Цезий (Cs)	0,0045±0,0005	0,0021±0,0002	0,0024±0,0002	2,4000±0,2400
Церий (Ce)	0,0500±0,005	0,0230±0,0023	0,0230±0,0023	41±4,1000
Цирконий (Zr)	0,0939±0,0094	0,2500±0,0250	0,2700±0,0270	220±22
Эрбий (Er)	0,0006±0,0001	0,0011±0,0001	0,0011±0,0001	1,9000±0,1900
Кадмий (Cd)	0,02025±0,0020	0,0240±0,0024	0,0250±0,0025	0,4200±0,042
Мышьяк (As)	0,08906±0,0090	0,0570±0,0057	0,0680±0,0068	13±1,300
Ртуть (Hg)	0,00854±0,0009	0,0017±0,0002	0,0021±0,0002	0,3000±0,030
Свинец (Pb)	0,18422±0,0184	0,1800±0,0180	0,1700±0,0170	75±7,500

П р и м е ч а н и е : «-» – не определялось. Значения в ряду с одинаковыми индексами статистически не различаются ($p > 0,05$).

При исследовании установлено содержание широкого спектра элементов (65 наименований), среди которых обнаружено 13 из 15 эссенциальных элементов. Железо в организме человека участвует в окислительно-восстановительных процессах, входит в состав гемоглобина и цитохромов. Марганец влияет на работу нервной системы, участвуя в синтезе и обмене нейромедиаторов. Медь участвует в различных процессах обмена веществ, входит в состав витаминов, гормонов и ферментов. Кобальт участвует в кроветворении, цинк – в формировании иммунитета, никель продлевает действие инсулина (Власов, 2014). Помимо этого, необходимо отметить высокое содержание калия, кальция, марганца, натрия и фосфора.

Анализ данных табл. 3 показал незначительные различия в содержании элементов в плодах ОК сортов «Столичная», «Ботаническая ароматная», а также в сравнении с плодами дикорастущей ОК. Следовательно, сортовые особенности ОК не оказывают влияния на накопление элементов в плодах, а определяются биохимическими характеристиками вида. В целом примерно 99% накапливаемых плодами ОК элементов относится к макроэлементам (рис. 1). Содержание в почве токсичных нормируемых для ЛРС элементов в 337 раз больше, чем в исследу-

емых плодах (рис. 1), что свидетельствует об их ничтожно малом концентрировании растением в процессе вегетационного периода.

Тяжелые металлы по своему максимальному содержанию в плодах составили следующий убывающий ряд: Fe > Zn > Mn > Cu > Cr > Ni > Pb > Co > Cd > Ag > Bi > Hg. Содержание токсичных тяжелых металлов и мышьяка в ЛРС не превышает допустимых нормативов (Государственная фармакопея Российской Федерации, XIII изд.).

В соответствии с СанПин 2.3.21078-01 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов» (СанПин 2.3.21078-01), а также ФС «Определение тяжелых металлов в ЛРС» ГФ XIII (Государственная фармакопея Российской Федерации, XIII изд.) в табл. 4 приведены предельно допустимые концентрации (ПДК) и нормы содержания токсичных элементов в растительном сырье. В исследуемом сырье отмечено превышение ПДК (установленные для овощей и зелени) для железа, меди, цинка, кобальта и хрома, что косвенно свидетельствует о способности плодов ОК к концентрированию данных элементов из почвы. Для ЛРС до сих пор не разработаны подобные нормативы.

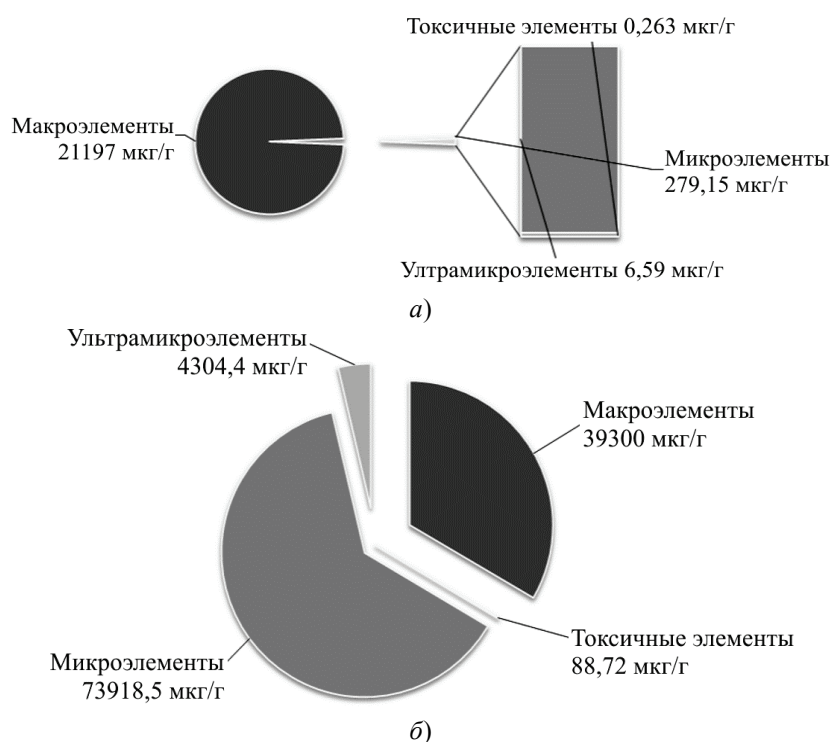


Рис. 1. Содержание макро- и микроэлементов в плодах ОК сорта «Столичная» (а) и почве с места произрастания (б)

Таблица 4. Содержание микроэлементов в плодах облепихи крушиновидной (на примере сорта «Столичная»)

Элемент	Содержание в свежих плодах, мг/100 г	Содержание в сухих плодах, мг/100 г	ПДК, мг/кг	Оптимальная физиологическая потребность для взрослого человека в сутки, мг	Порог токсичности, мг/сутки	Всасываемость, %
Железо	2,7041	13,500	5,0*	15,0–20,0	200	10
Медь	0,2143	1,070	5,0*	2,0–2,5	200	50
Цинк	0,6268	3,129	10*	10,0–12,0	600	50
Марганец	0,2383	1,070	–	5,0–6,0	40	10
Кобальт	0,0020	0,010	0,03*	0,1–0,2	500	30
Никель	0,0324	0,162	3,0	0,6–0,8	20	–
Хром	0,0924	0,461	0,2*	0,05	5	10
Свинец	0,0033	0,016	6,0	–	–	–
Кадмий	0,0004	0,002	1,0	–	–	–
Ртуть	0,00003	0,0002	0,1	–	–	–
Мышьяк	0,0010	0,0052	0,5	–	–	–

П р и м е ч а н и е : * – элементы, для которых выявлено превышение ПДК в исследуемых объектах.

Растения избирательно поглощают необходимые им элементы в зависимости от их физиологических потребностей, поэтому микроэлементный состав ЛРС частично зависит от состава почв, на которых они произрастают (Минкина, 2013). Коэффициент биологического поглощения (Кбп) отражает накопление химических элементов расте-

ниями. Он рассчитывается как соотношение содержания элемента в растении к общему его содержанию в почве (Перельман, 1975). Значения Кбп для изучаемых объектов представлены в табл. 5. Полученные данные свидетельствуют о безопасности применения плодов ОК, так как данное ЛРС не накапливает токсичные элементы.

Таблица 5. Коэффициент биологического поглощения элементов высушенных плодов облепихи крушиновидной сортов «Столичная» и «Ботаническая ароматная»

Элемент	Кбп	
	Сорт «Столичная»	Сорт «Ботаническая ароматная»
Макроэлементы		
Калий (К)	0,91	0,98
Кальций (Са)	0,11	0,1
Магний (Mg)	0,18	0,16
Натрий (Na)	0,031	0,03
Фосфор (P)	2,88	3,24
Микроэлементы		
Алюминий (Al)	0,0005	0,0006
Барий (Ba)	0,0025	0,0025
Железо (Fe)	0,0051	0,0061
Кобальт (Co)	0,01	0,0095
Марганец (Mn)	0,02	0,019
Медь (Cu)	0,23	0,22
Молибден (Mo)	0,63	0,68
Селен (Se)	0,018	0,015
Стронций (Sr)	0,03	0,025

Продолжение табл. 5

Хром (Cr)	0,072	0,083
Цинк (Zn)	0,26	0,25
Ультрамикроэлементы		
Бериллий (Be)	0,027	0,031
Ванадий (V)	0,0019	0,0019
Висмут (Bi)	0,016	0,017
Вольфрам (W)	0,13	0,14
Гадолиний (Gd)	0,0013	0,0011
Галлий (Ga)	0,0032	0,0027
Гафний (Hf)	0,00092	0,0011
Германий (Ge)	0,0026	0,0027
Гольмий (Ho)	0,0016	0,0016
Диспрозий (Dy)	0,00065	0,00059
Европий (Eu)	0,0018	0,0015
Золото (Au)	0,22	0,22
Индий (In)	0,014	0,013
Итрий (Y)	0,00038	0,00043
Иттербий (Yb)	0,00012	0,00013
Лантан (La)	0,0006	0,00055
Литий (Li)	0,0034	0,003
Лютеций (Lu)	0,00042	0,00042
Неодим (Nd)	0,00036	0,00037
Никель (Ni)	0,22	0,19
Ниобий (Nb)	0,00015	0,00014
Олово (Sn)	0,0033	0,0036
Платина (Pt)	0,26	0,28
Празеодим (Pr)	0,00056	0,00049
Рений (Re)	0,013	0,011
Рубидий (Rb)	0,049	0,055
Самарий (Sm)	0,00098	0,00098
Серебро (Ag)	0,029	0,029
Скандий (Sc)	0,016	0,017
Сурьма (Sb)	0,036	0,03
Таллий (Tl)	0,0051	0,0046
Тантал (Ta)	0,0004	0,00026
Теллур (Te)	0,0022	0,0022
Тербий (Tb)	0,00014	0,00018
Титан (Ti)	0,00036	0,00033
Торий (Th)	0,00052	0,00043
Тулий (Tm)	0,00091	0,0011
Уран (U)	0,00098	0,00087
Цезий (Cs)	0,00087	0,001

Окончание табл. 5

Церий (Ce)	0,00056	0,00056
Цирконий (Zr)	0,0011	0,0012
Эрбий (Er)	0,00058	0,00058
Токсичные элементы		
Кадмий (Cd)	0,057	0,06
Мышьяк (As)	0,0044	0,0052
Ртуть (Hg)	0,0058	0,007
Свинец (Pb)	0,0025	0,0024

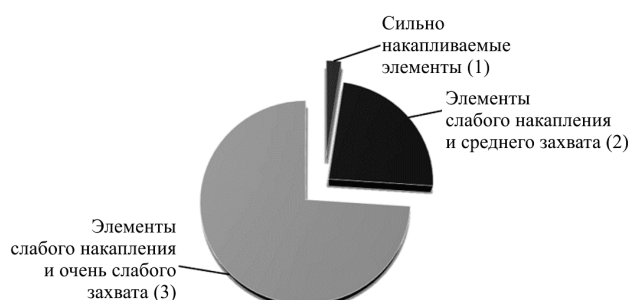


Рис. 2. Доля элементов сильного накопления (1), слабого накопления и среднего захвата (2), слабого накопления и очень слабого захвата (3)

А.И. Перельман относил элементы, накапливающиеся в количестве $n \cdot 10^1 - n \cdot 10^2$ к энергично накапливаемым, $n \cdot 10^0 - n \cdot 10^1$ – к сильно накапливаемым, $n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^0$ – к группе слабого накопления и среднего захвата, $n \cdot 10^{-1}$ – группе слабого захвата, $n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^{-2}$ – к группе слабого накопления и очень слабого захвата.

Распределение элементов в плодах ОК различных сортов по классификации А.И. Перельмана представлено на рис. 2. Энергично накапливаемых элементов не выявлено. К сильно накапливаемым элементам относится только Р. Такие элементы как Zn, Ni, Cu, Mo, Pt, Mg, Ca, K, Au и W относятся к группе слабого накопления и среднего захвата.

Остальные обнаруженные минеральные компоненты относятся к группе слабого накопления и очень слабого захвата.

Неорганические элементы наряду с органическими веществами также играют весомую роль в проявлении фармакологического эффекта. Поэтому представляет интерес провести сравнительную характеристику их накопления в органах (плоды, листья и побеги) различных подвидов растения *Hippophae rhamnoides* L. (табл. 6). Для исследования зависимости элементного состава различных видов и частей исследуемых растений от мест произрастания использовали многочисленные литературные данные (Skuridin et al., 2005).

Таблица 6. Сравнительная характеристика содержания макро- и микроэлементов в различных подвидах растения *Hippophae rhamnoides* L.

Элемент	Облепиха крушиновидная (<i>ssp. mongolica</i> Rousi) (Skuridin et al., 2013), мг/г	Китайская облепиха (Cheng Tigong et al., 1991), мг/кг	Среднеазиатская облепиха (Cheng Tigong et al., 1991), мг/кг	Облепиха крушиновидная пакистанская (<i>ssp. turkestanica</i>) (Sabir et al., 2005), мг/л
Макроэлементы				
Натрий	–	–	–	47,8
Калий	13780	–	–	259
Кальций	1216	3119,33	317,44	99,8
Магний	–	2222,2	206,615	198,8

Окончание табл. 6

Фосфор	–	959,62	14,105	123
Микроэлементы и ультрамикроэлементы				
Молибден	0,25	7,285	Н.о.	–
Марганец	17,25	93,68	0,065	–
Свинец	0,25	1,215	0,004	–
Никель	1,5	4985	0,326	–
Цинк	18,8	40,44	1,956	–
Медь	2,8	Н.о.	1,661	–
Селен	0,2	5,015	0,00058	–
Хром	1,0	2,535	3,309	–
Железо	75,8	3264,28	21,709	133,7
Мышьяк	Менее 0,13	24,803	0,0098	–

Анализ данных табл. 6 свидетельствует о значительной зависимости элементного состава от экологического благополучия места его произрастания.

ВЫВОДЫ

1. Проведено исследование элементного состава высушенных плодов различных сортов методом масс-спектрометрии. В результате анализа выявлены незначительные различия в содержании минеральных компонентов в сравнении плодов сортовых культур и дикорастущей облепихи крушиновидной.
2. Выявлено, что содержание безусловно токсичных тяжелых металлов и мышьяка не превышает нормативов, установленных для оценки качества ЛРС. Однако в изучаемых объектах обнаружено превышение ПДК таких потенциально токсичных тяжелых металлов, как железо, медь, цинк, кобальт и хром, установленных для овощей и зелени.
3. Учитывая, что заготовка ЛРС ведется на различных территориях, в том числе и на экологически неблагоприятных, необходимо установление ПДК для микроэлементов, которые в высоких концентрациях могут представлять опасность для здоровья человека.

ЛИТЕРАТУРА

Богачева Н.Г., Кокушкина Н.П., Сокольская Т.А. Стандартизация лекарственного растительного сырья облепихи крушиновидной. Фармация. 2001. № 1. С. 27–29.

Власов А.С., Белоногова В.Д., Курицын А.В. Оценка экологической безопасности лекарственного растительного сырья некоторых районов Пермского края. Современные проблемы науки и образования. 2014. №5. URL:

www.science-education.ru/119-15027 (дата обращения: 19.02.2018).

Государственная фармакопея Республики Беларусь. Т. II. Минск, 2007. С. 387–388.

Государственная фармакопея Российской Федерации. XIII изд. Режим доступа: <http://pharmacopoeia.ru/gosudarstvennaya-farmakopeya-xiii-online-gf-13-online>.

МВИ № 002-ХМС-2009. «Методика выполнения измерений массовых долей 62 элементов в почвах, донных отложениях, горных породах и сплавах цветных металлов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой».

Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Мирошниченко Н.Н., Фатеев А.И., Манджиева С.С., Чаплыгин В.А. Накопление и распределение тяжелых металлов в растениях зоны техногенеза. Агрохимия. 2013. № 9. С. 65–75.

Перельман А.И. Геохимия ландшафта. Москва: Высшая школа, 1975. 392 с.

Протасова Н.А. Микроэлементы: биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение заболеваний человека и животных. Соросовский образовательный журнал. 1998. № 12. С. 32–37.

СанПин 2.3.21078-01 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов» от 14.11.2001/22.03.02. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.service-holod.ru/SanPiN2/SanPiN_2_3_2_1078_01.htm. Загл. с экрана.

Тринеева О.В. Комплексное исследование содержания и специфического профиля биологически активных веществ плодов облепихи крушиновидной. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2016. 224 с.

Тринеева О.В., Сливкин А.И., Самылина И.А. Исследования по разработке проектов фармакопейных статей на плоды и масло облепихи крушиновидной. Вестник ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2016. № 3. С. 126–133.

Тринеева О.В., Сливкин А.И., Дортгульев Б. Исследование микроэлементного состава плодов облепихи крушиновидной. Вестник ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2015. № 2. С. 124–128.

Тринеева О.В., Сливкин А.И., Дортгульев Б. Определение тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье и масляных препаратах на его основе (на примере листьев крапивы двудомной и плодов облепихи крушиновидной). Вестник ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2015. № 1. С. 152–155.

Cheng Tigong, Ni Ming Kang, Li Rong, Ji Fen. Исследование биохимических свойств среднеазиатской облепихи, произрастающей в провинции Ганьсу (КНР). Химия природных соединений. 1991. № 1. С. 135–137.

Sabir S.M., Maqsood H., Hayat I., Khan M.Q., Khaliq A. Elemental and nutritional analysis of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica*) Berries of Pakistani origin. Journal of Medicinal Food. 2005. 8(4). P. 518–522.

Skuridin G.M., Chankina O.V., Legkodymov A.A., Baginskaya N.V., Kremer V.K., Koutsenogii K.P. Elemental Composition and the Intensity of Chemical Elements Accumulation in the Fruits of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). Chemistry for Sustainable Development. 2013. 21. P. 491–498.

RESEARCH OF ELEMENT COMPOSITION OF SEA BUCKTHORN (*HIPPOPHAE RHAMNOIDES* L.) FRUITS OF VARIOUS CULTIVARS

M.A. Rudaya, O.V. Trineeva, A.I. Slivkin

¹ Voronezh State University, Universitetskaya pl., 1, Voronezh, 394006, Russia

ABSTRACT. It is known that the biochemical composition of plants depends on the variety, place of growth, collection time and method of conservation. The microelement profile of plants carries information about the ecological state of the region and the plant itself. The purpose of the study was a comparative study of the composition and ability to accumulate elements in the fruit of sea-buckthorn berries of various types.

The analysis and analysis of the elemental composition of the fruit of buckthorn of various varieties, harvested in the Botanical Garden of Moscow State University. M.V. Lomonosov, as well as soil samples from the site of growth. The elemental analysis was carried out by inductively coupled plasma chromatography-mass spectrometry. The similarity of the composition of macro-, micro- and ultramicroelements of fruits of high-quality and wild-growing sea-buckthorn berries is shown. In the investigated objects, the maximum permissible concentrations for Fe, Cu, Zn, Co and Cr, established for vegetables and greens, have been exceeded. The conducted researches testify to the necessity of rationing in the medicinal plant raw materials of the maximum permissible content of not only unconditionally toxic elements (Cd, Hg, As, Pb), but also other potentially hazardous heavy metals. The values of biological absorption coefficients for the studied objects indicate the safety of application of buckthorn berries, since this raw material does not accumulate toxic elements. There were no energy-accumulating elements. Elements such as Zn, Ni, Cu, Mo, Pt, Mg, Ca, K, Au, and W belong to the group of weak accumulation and medium capture. The remaining mineral components found belong to the group of weak accumulation and very weak capture.

As a result of the analysis, insignificant differences in the content of mineral components in comparison of fruit of varietal crops and wild-growing sea buckthorn were found out. However, in the studied objects, the maximum permissible concentrations of potentially toxic heavy metals such as Fe, Cu, Zn, Co and Cr established for vegetables and greens, have been exceeded.

KEYWORDS: fruits of buckthorn of buckthorn variety, elemental composition, chromatography-mass spectrometry, coefficient of biological accumulation.

REFERENCES

Bogacheva N.G., Kokushkina N.P., Sokol'skaja T.A. Standartizacija lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ja oblepihi krushinovidnoj. Farmacija. 2001, 1:27–29 (in Russ.).

Vlasov A.S., Belonogova V.D., Kuricyn A.V. Ocenka jekologicheskoy bezopasnosti lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ja nekotoryh rajonov Permskogo kraja. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014, 5:URL: www.science-education.ru/119-15027 (in Russ.).

Gosudarstvennaja farmakopeja Respubliki Belarus'. T. II. Minsk. 2007 (in Russ.).

Gosudarstvennaja farmakopeja Rossijskoj Federacii. XIII izd. Rezhim dostupa: <http://pharmacopoeia.ru/gosudarstvennaya-farmakopeya-xiii-online-gf-13-online> (in Russ.).

MVI № 002-HMS-2009. «Metodika vypolnenija izmerenij massovyh dolej 62 jelementov v pochvah, donnyh otlozhenijah, gornyh porodah i splavah cvetnyh metallov metodom mass-spektrometrii s induktivno svjazannoju plazmoj» (in Russ.).

Minkina T.M., Motuzova G.V., Miroshnichenko N.N., Fateev A.I., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A. [Nakoplenie i raspredelenie tjazhelyh metallov v rastenijah zony tehnogeneza. Agrohimiya. 2013, 9:65–75 (in Russ.).

Perel'man A.I. Geohimiya landshafta. Moskva: Vysshaja shkola, 1975 (in Russ.).

Protasova N.A. Trace elements: biological role, distribution in soils, influence on the distribution of human and animal diseases. Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal. 1998, 12:32–37 (in Russ.).

SanPin 2.3.21078-01 «Gigienicheskie trebovanija k kachestvu i bezopasnosti prodovol'-stvennogo syr'ja i pishhevyh produktov» ot 14.11.2001/22.03.02. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://www.service-holod.ru/SanPiN2/SanPiN_2_3_2_1078_01.htm. Zagl. s jekrana (in Russ.).

Trineva O.V. Kompleksnoe issledovanie sodержanija i specificheskogo profilja bio-logicheski aktivnyh veshhestv plodov oblepihi krushinovidnoj. Voronezh: Izdatel'skij dom VGU, 2016. (in Russ.).

Trineva O.V., Slivkin A.I., Samylina I.A. Issledovanija po razrabotke proektov farmakopejnyh statej na plody i maslo oblepihi krushinovidnoj. Vestnik VGU. Ser. Himija. Biologija. Farmacija. 2016, 3:126–133 (in Russ.).

Trineva O.V., Slivkin A.I., Dortgulyev B. Issledovanie mikrojelementnogo sostava plodov oblepihi krushinovidnoj. Vestnik VGU. Ser. Himija. Biologija. Farmacija. 2015, 2:124–128 (in Russ.).

Trineva O.V., Slivkin A.I., Dortgulyev B. Opredelenie tjazhelyh metallov v lekarstvennom rastitel'nom syr'e i masljanyh preparatah na ego osnove (na primere list'ev krapivy dvudomnoj i plodov oblepihi krushinovidnoj. Vestnik VGU. Ser. Himija. Biologija. Farmacija. 2015, 1:152–155 (in Russ.).

Cheng Tigong, Ni Ming Kang, Li Rong, Ji Fen. [Issledovanie biohimicheskikh svojstv sredneaziatskoj oblepihi, proizrastajushhej v provincii Gan'su (KNR)]. Himija prirodnyh soedinenij. 1991, 1:135–137 (in Russ.).

Sabir S.M., Maqsood H., Hayat I., Khan M.Q., Khaliq A. Elemental and nutritional analysis of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides ssp. turkestanica*) Berries of Pakistani origin. Journal of Medicinal Food. 2005. 8(4). P. 518–522.

Skuridin G.M., Chankina O.V., Legkodymov A.A., Baginskaya N.V., Kremer V.K., Koutsenogii K.P. Elemental. Composition and the Intensity of Chemical Elements Accumulation in the Fruits of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*). Chemistry for Sustainable Development. 2013. 21. P. 491-498.