

УДК 615.322:582.912.46(571.56+571.65)

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ЯГОД ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ МАГАДАНА

© *Е.М. Степанова, Е.А. Луговая**

*Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН,
пр. Карла Маркса, 24, Магадан, 685000 (Россия), e-mail: elena_plant@mail.ru*

В ходе проведенных исследований методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой были определены средние концентрации макроэлементов (Ca, K, Mg, Na, P), эссенциальных (Cu, Fe, I, Mn, Se, Zn) и условно эссенциальных микроэлементов (B, Co, Cr, V, Si, Li, Ni) и токсичных металлов (Al, As, Cd, Hg, Pb, Sr, Sn) в ягодах дикорастущих растений, которые наиболее часто встречаются в рационе питания жителей Магаданского региона: жимолость голубая (*Lonicera caerulea L.*, сем. *Caprifoliaceae*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia L.*, сем. *Rosaceae*), смородина черная (*Ribes nigrum L.*, сем. *Grossulariaceae*), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea L.*, сем. *Ericaceae*).

Установлено наибольшее суммарное содержание определяемых элементов в ягоде рябины обыкновенной (36.8%), наименьшее – в бруснике обыкновенной (8.9%). Полученные данные о количественном минеральном составе ягод растений каждого вида позволяют говорить об индивидуальном аккумулятивном ряде химических элементов, выражающемся в степени накопления того или иного элемента и статистически достоверно значимых различиях в концентрациях. При этом наибольшая концентрация отмечена для кальция, калия, магния, фосфора, кремния. Превышения допустимых уровней токсичных элементов в ягоде обнаружено не было, таким образом, можно констатировать экологическую безопасность районов произрастания и традиционного сбора ягод жителей Северного региона.

Ключевые слова: жимолость голубая (*Lonicera caerulea L.*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia L.*), смородина черная (*Ribes nigrum L.*), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea L.*), макро- и микроэлементы, Магадан.

Введение

Проблема сбалансированности рациона питания современного человека не теряет своей актуальности из года в год. Все большая часть населения проявляет заботу о качестве потребляемой пищи, обращая внимание как на пищевую ценность, так и на содержание в пищевых продуктах макро- и микроэлементов. Элементы влияют на активность многих ферментов, входят в состав витаминов, гормонов и тем самым поддерживают гомеостаз организма. Нарушение оптимального баланса элементов в организме человека является причиной многих заболеваний [1, 2].

Особую ценность в пищевом рационе человека представляют ягоды дикорастущих растений, поскольку помимо привлекательного внешнего вида и сбалансированного кисло-сладкого вкуса, они выступают важным пищевым источником необходимых витаминов, минералов, пищевых волокон и биологически активных соединений, обладающих лечебными свойствами [3–5]. Вместе с тем наряду с ценными эссенциальными компонентами в составе ягод, необходимыми для нормального функционирования организма человека, растения способны аккумулировать тяжелые металлы, что обусловлено условиями их произрастания. Известно, что ни один металл не покидает организм сразу после поступления, даже однократное введение незначительной дозы показывает его сохранность до 20% в течение месяца [6]. Особое значение имеют исследования максимально полного химического состава ягод дикорастущих растений, занимающих

Степанова Евгения Михайловна – научный сотрудник лаборатории физиологии экстремальных состояний, e-mail: at-evgenia@mail.ru

Луговая Елена Александровна – кандидат биологических наук, доцент, врио директора, e-mail: elena_plant@mail.ru

важное место в рационе питания населения территории произрастания ягод, в том числе и микроэлементов (Al, As, Cd, Hg, Pb, Sn Sr), накопление которых, как правило, определяется экологическими факторами окружающей среды.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Химический состав ягод дикорастущих растений достаточно широко описан в зарубежной и отечественной литературе [7–14].

Цель настоящей работы состояла в определении содержания и изучении особенностей аккумуляции макроэлементов, эссенциальных, условно эссенциальных и токсичных микроэлементов в ягодах дикорастущих растений лесной зоны муниципального образования город Магадана.

Материалы и методы

Сбор материала исследования проводили в лесах муниципального образования город Магадан в фазу активного плодоношения июль-сентябрь. Для изучения были выбраны ягоды дикорастущих растений, которые наиболее часто встречаются в рационе питания жителей Магаданского региона: жимолость голубая (*Lonicera caerulea* L., сем. *Caprifoliaceae*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L., сем. *Rosaceae*), смородина черная (*Ribes nigrum* L., сем. *Grossulariaceae*), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L., сем. *Ericaceae*). Большая часть Магаданской области является экологически чистой по сравнению с другими регионами, наиболее пригодна для использования и заготовок дикорастущих растений [15–17].

Биологические особенности растения брусники состоят в том, что обитает она главным образом в хвойных и смешанных лесах, на вересковых полянах, в кустарниках, изредка на торфяных болотах. Брусника нетребовательна к минеральному питанию, и это позволяет ей успешно развиваться на бедных кислых почвах. Класс двудомные цветковые растения. Это многолетний вечнозеленый стелющийся кустарничек, образующий куртинки. Корневище ползучее горизонтальное с приподнимающимися ветвистыми побегами высотой 15–20 см. Листья овальные, 10–12 мм шириной, блестящие сверху с пятнами жестких коричневых волосков, слегка завернутые на нижнюю сторону. Цветки на коротких цветоножках обоеполые правильные, собранные по 10–20 в верхушечные густые поникающие кисти. Плоды – ярко-красные ягоды с белой мякотью внутри. Семена распространяются при поедании ягод птицами или лесными животными. Энергетическая ценность брусники составляет 46 ккал, стакан 250 мл = 140 г (64.4 ккал). Белки – 0.7 г, жиры – 0.5 г, углеводы – 9.6 г.

Жимолость – покрытосеменное растение, цветковое, двудольное. Многолетний вьющийся или ползучий кустарник. Довольно крупные цветки (белые, розоватые, желтоватые и голубые) расположены чаще попарно в углах листьев или на концах ветвей в головчатых соцветиях. Из слабо развитой чашечки выходит неправильный (у большинства) трубчатый венчик, на конце разделенный на пять долей; неправильность цветов, построенных по пятерному плану, зависит от срастания трех передних лепестков и неравномерного их развития, вследствие чего венчик является двугубым; в трубке венчика пять тычинок и длинный столбик пестика. Верхние листья у некоторых видов (а у иных и все) срастаются вместе, образуя одну общую пластинку или широкую оторочку, сквозь которую проходит конец ветви с цветками. Ягодообразные плоды сидят попарно, а нередко и срастаются друг с другом. Плод сочный и яркий, привлекает птиц, таким образом жимолость распространяется птицами (орнитохория). Калорийность – 30 ккал. Белки – 0 г, жиры – 0 г, углеводы – 7.8 г.

Смородина черная – многолетний листопадный кустарник 1–2 м высотой. Произрастает по береговым зарослям, во влажных лиственных, смешанных и хвойных лесах и по их окраинам, в ольшаниках, по берегам рек, озер, по окраинам болот и на влажных пойменных лугах, одиночно и небольшими зарослями. Листья длиной и шириной 3–5 (до 12) см, с зазубренными краями, трех-пятилопастные с золотистыми железками по жилкам, лопасти обычно широкотреугольные, средняя нередко вытянутая, сверху тусклые, темно-зеленые, голые, снизу по жилкам пушистые. Соцветия – поникающие кисти длиной 3–5 (до 8) см, 5–10-цветковые, с голыми или пушистыми цветоножками длиной 3–8 мм и прицветниками длиной 1–2 мм, форма которых варьируется от овальной до линейно-ланцетной. Цветки длиной 7–9 мм, диаметром 4–6 мм, пятичленные колокольчатые, лиловато- или розовато-серые, снаружи большей частью густо опушенные. Лепестки овальные. Чашелистики отогнутые наружу, островатые, довольно широкие. Плод – съедобная душистая ягода, диаметром в среднем до 1 см, черно-бурая или зеленоватая, с глянцево-кожицей и с 3–37 семенами, обладающими крючками и распространяющиеся при помощи животных. Калорийность черной смородины составляет 44 ккал на 100 г продукта. Белки – 1.40 г, жиры – 0.41 г, углеводы – 15.38 г.

Рябина обыкновенная (форма кустовая) произрастает в подлеске смешанных и хвойных лесов, на опушках и вырубках. Это многолетнее невысокое дерево с рыхлой кроной, опущенными молодыми ветвями. Характерные листья рябины очередные, с 5–7 листочками, имеющими ланцетную форму. Белые многочисленные цветки рябины собраны в густые щитковидные соцветия, появляющиеся на концах ветвей. Плод – шарообразное или овальное ярко-красное сочное яблоко с мелкими, по краю округлыми семенами, которые

распространяются птицами при поедании плодов. Калорийность рябины – 50 ккал на 100 г. Белки – 1.4 г, жиры – 0.2 г, углеводы – 8.2 г.

Под влиянием сурового климата почвообразовательные процессы отличаются замедленным и мало-емким биологическим круговоротом [18]. Известно, что в биогеохимическом отношении для Севера, в том числе и Северо-Востока России, характерна недостаточность многих микро- и макроэлементов: магния, кальция, фосфора, кобальта, марганца, йода, фтора, железа, селена и др. элементов. Почвы Магаданской области намного беднее (по сравнению с южными) микроорганизмами, причем наиболее низкую численность имеют сапрофитные формы. По своему составу подзолистые почвы Примагаданья содержат до 85% обыкновенной кремне-кислоты, вследствие чего типичный подзол является обыкновенно с физическими свойствами глин, а не песков, и с трудом пропускает через себя воздух и воду. Подзолы кислы и богаты закисью железа. Вообще, эти почвы очень бедны и для земледельческой культуры требуют постоянных и усиленных удобрений. Для них характерна обедненность растительного опада азотом и зольными элементами, пониженные температуры и промывной водный режим. Бедные подзолистые почвы северных регионов формируют в организме дефицит многих макро- и микроэлементов [19]. Вода в Магадане является ультрапресной. Величина минерализации поверхностных и почвенно-грунтовых водах Примагаданья составляет 0.04–0.06 г/л [20]. В почвенно-грунтовых и поверхностных водах среднее содержание Mn, Zn, Cu и других МЭ нигде не превышает ПДК для питьевого использования [21].

Все виды растений, описываемых в данной работе, имеют особенность произрастания на бедных минералами подзолистых почвах северных регионов, поэтому небольшое их содержание в местах произрастания не имеет ключевого значения, а содержание химических элементов в плодах (ягодах) скорее относится к биологическим особенностям видов.

Пробы ягод отбирали однократно с 10 растений каждого вида, произрастающих в идентичных климатических условиях. Масса каждой пробы составляла 10 г. Из общей массы растительного сырья каждого вида отбирали 3 точечные пробы, из которых составляли объединенную пробу, ягоды в которой гомогенизировали, перемешивали и выделяли из нее среднюю пробу. Трехкратным повторением с фиксированием средней концентрации определяли содержание в исследуемых объектах следующих макро- и микроэлементов: алюминия (Al), мышьяка (As), бора (B), бериллия (Be), кальция (Ca), кадмия (Cd), кобальта (Co), хрома (Cr), меди (Cu), железа (Fe), ртути (Hg), йода (I), калия (K), лития (Li), магния (Mg), марганца (Mn), натрия (Na), фосфора (P), свинца (Pb), селена (Se), кремния (Si), ванадия (V), цинка (Zn). Химические анализы проведены в рамках договора о научно-практическом сотрудничестве в лаборатории ООО «Микронутриенты» (г. Москва) методами атомной эмиссионной спектрометрии (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (МС-ИСП) на приборах Optima 2000 DV и NexION 300D (Perkin Elmer, США), согласно МУК 4.1.985-00 «Определение содержания токсичных элементов в пищевых продуктах и продовольственном сырье. Методика автоклавной пробоподготовки».

В статистическом анализе полученных данных о содержании химических элементов в образцах дикоросов применяли методы параметрической статистики: расчет арифметической средней и ошибки измерения ($M \pm m$), нормальности распределения частот.

Обсуждение результатов

Содержание химических элементов в ягодах анализируемых растений представлено в таблице 1.

Полученные данные о количественном минеральном составе ягод растений каждого вида позволяют говорить об индивидуальном аккумулятивном ряде химических элементов, выражающемся в степени накопления того или иного элемента и статистически достоверно значимых различиях в концентрациях.

Наибольшее суммарное содержание определяемых элементов относительно четырех рассматриваемых видов ягод (для сравнения) обнаружено в ягоде рябины обыкновенной (36.8%), наименьшее – в бруснике обыкновенной (8.9%) (табл. 1). В порядке убывания суммарной концентрации химических элементов в ягоде исследованные виды растений можно расположить в следующий ряд: рябина обыкновенная > смородина черная > жимолость голубая > брусника обыкновенная. Ряды распределения элементов по убыванию их концентраций представлены в таблице 2.

Таблица 1. Концентрация макро- и микроэлементов (МЭ) в ягодах дикорастущих растений лесной зоны Магадана, мкг/г

МЭ	Жимолость голубая <i>Lonicera caerulea</i> L.	Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	Смородина черная <i>Ribes nigrum</i> L.	Брусника обыкновенная <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Достоверность различий, p					
	1	2	3	4	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
Al	0.794±0.095	0.719±0.086	0.731±0.088	3.04±0.3			*		*	*
As	0.012±0.00023	0.0005±0.00014	0.001±0.00021	0.0005±0.00016	*	*	*	***		***
B	2.1±0.21	3.24±0.32	1.21±0.12	0.805±0.097	**	*	*	*	*	*
Ca	318±32	482±48	642±64	85.95±8.59	**	**	*	***	*	*
Cd	0.0025±0.00049	0.0032±0.00063	0.0009±0.00028	0.0008±0.00023		**	**	*	*	*
Co	0.0035±0.00069	0.0053±0.00107	0.005±0.001	0.0008±0.00023			*		*	*
Cr	<0.0069	0.0091±0.00182	<0.0069	0.0085±0.00169	*		**	*		**
Cu	1.59±0.16	1.3±0.13	0.49±0.059	0.327±0.039		*	*	*	*	*
Fe	6.26±0.63	3.77±0.38	3.63±0.36	0.985±0.118	*	*	*		*	*
Hg	<0.0036	<0.0036	<0.0036	<0.0036						
I	0.016±0.002	0.0099±0.00199	0.0096±0.00192	<0.0024	***	***			*	*
K	1512±151	2533±253	1803±180	665±66	*		*	**	*	*
Li	<0.0008	<0.0008	<0.0008	0.0012±0.00024						
Mg	143±14	336±34	216±22	51.08±5.11	*	**	*	**	*	*
Mn	1.98±0.2	74±7.4	1.11±0.11	31.1±3.11	*	*	*	*	*	*
Na	<1.29	9.79±0.98	3.15±0.32	<1.29	*	*		*	*	*
Ni	0.256±0.031	0.041±0.006	0.053±0.008	0.017±0.003	*	*	*		*	*
P	470±47	396±40	518±52	79.68±7.97			*	***	*	*
Pb	0.0055±0.00111	0.0037±0.00074	0.011±0.002	0.0043±0.00085		**		*		*
Se	0.136±0.016	0.059±0.009	0.079±0.012	0.098±0.015	*	**	***		**	
Si	28.33±2.83	18.44±1.84	16.23±1.62	14.55±1.45	**	*	*			
Sn	0.0028±0.00057	0.0013±0.00026	0.0058±0.00115	0.0033±0.00066	**	**		*	*	***
Sr	1.62±0.16	2.68±0.27	1.73±0.17	0.187±0.022	*		*	**	*	*
V	0.0023±0.00045	0.007±0.00033	0.002±0.0004	0.0008±0.00024	*	*	*	*	*	*
Zn	3.25±0.33	3.97±0.4	2.89±0.29	1.59±0.16			*	***	*	*
Σ_{конц.} = 2490.7		Σ_{конц.} = 3865.1	Σ_{конц.} = 3210.3	Σ_{конц.} = 935.7						

Примечание. * достоверно значимые различия на уровне p=0.01, ** – на уровне значимости p=0.1, *** – на уровне значимости p=0.5.

Таблица 2. Аккумулятивные ряды макро- и микроэлементов в ягодах дикорастущих растений лесной зоны Магадана

	Жимолость голубая <i>Lonicera caerulea</i> L.	Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	Смородина черная <i>Ribes nigrum</i> L.	Брусника обыкновенная <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.
Эссенциальные макроэлементы	K > P > Ca > Mg > Na	K > Ca > P > Mg > Na	K > Ca > P > Mg > Na	K > P > Ca > Mg > Na
Эссенциальные микроэлементы	Fe > Zn > Mn > Cu > Se > I	Mn > Zn > Fe > Cu > Se > I	Fe > Zn > Mn > Cu > Se > I	Mn > Zn > Fe > Cu > Se > I
Условно-эссенциальные микроэлементы	Si > B > Ni > Cr > Co > V > Li	Si > B > Cr > Co > Ni > Li > V	Si > B > Cr > Ni > Co > V > Li	Si > B > Ni > Cr > Li > Co = V
Токсичные микроэлементы	Sr > Al > As > Pb > Hg > Sn > Cd	Sr > Al > Pb > Hg > Cd > Sn > As	Sr > Al > Pb > Sn > Hg > As > Cd	Al > Sr > Pb > Hg > Sn > Cd > As

Характерны следующие видовые сходства в накоплении ряда элементов:

калий, магний, натрий накапливаются ягодами дикоросов в ряду «рябина обыкновенная > смородина черная > жимолость голубая > брусника обыкновенная»;

медь, железо, йод, кремний, ванадий – «жимолость голубая > рябина обыкновенная > смородина черная > брусника обыкновенная»;

марганец и хром – «рябина обыкновенная > брусника обыкновенная > жимолость голубая > смородина черная».

Из данных, представленных в таблице 2, очевидно, что ряд эссенциальных макроэлементов в ягоде жимолости голубой идентичен ряду элементов в ягоде брусники обыкновенной, а ряд макроэлементов в ягоде рябины обыкновенной аналогичен ряду этих же элементов в смородине черной. Ряд эссенциальных

микроэлементов идентичен в ягоде жимолости голубой и смородины черной, в ягоде рябины обыкновенной и брусники обыкновенной. Доминирующими условно эссенциальными микроэлементами в ягоде жимолости голубой и брусники обыкновенной являются кремний, бор и никель, в рябине обыкновенной и смородине черной – кремний, бор, хром. Аккумулятивный ряд токсичных металлов в ягоде каждого вида растения индивидуален.

Интересным представился анализ степени удовлетворения суточной потребности взрослого человека в соответствии с Нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации [22] при употреблении в пищу порции 100 г свежих ягод жителями Северного региона (табл. 3).

По нашим данным, вклад ягод дикоросов Магадана в покрытие суточной потребности жителей региона в эссенциальных макроэлементах незначителен, наибольший процент его по калию в ягодах рябины обыкновенной. Рябина обыкновенная также в наибольшей степени из проанализированных видов удовлетворяет суточную потребность человека в магнии, натрии, смородина черная – в кальции и фосфоре. Наименьшая степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека в макроэлементах принадлежит жимолости голубой и бруснике обыкновенной.

В группе эссенциальных элементов отметим марганец, концентрация которого в ягоде находится в диапазоне 1.98–74.0 мкг/г и наиболее богаты им рябина обыкновенная и брусника обыкновенная. Порция (100 г) ягод этих растений полностью покрывает суточную потребность в элементе взрослого человека (370 и 155.5% от АУП). В жимолости голубой наибольшее содержание меди (1.59 мкг/г), железа (6.26 мкг/г), йода (0.016 мкг/г), селена (0.136 мкг/г), благодаря чему 100 г ее способно удовлетворить потребность человека практически на 16, 4-6, 1 и 19% соответственно. В рябине обыкновенной наряду с марганцем (74 мкг/г) содержится максимальная концентрация из анализируемых видов ягод цинка, процент удовлетворения суточной потребности, однако, незначительный – 3.3. В бруснике обыкновенной значительно содержание марганца – 31.1 мкг/г, что составляет 155.6% в 100 г от АУП. Наименьшие значения концентраций эссенциальных микроэлементов и, соответственно, степень покрытия потребности в них – в ягоде смородины черной.

В группе условно эссенциальных элементов обращает внимание значительная концентрация в ягоде кремния. Содержание его можно представить следующим видовым рядом: жимолость голубая > рябина обыкновенная > смородина черная > брусника обыкновенная, степень удовлетворения суточной потребности – 56.7; 36.9; 32.5; 29.1% соответственно.

Таблица 3. Степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека, % в 100 г

МЭ	Адекватный уровень суточного потребления [22, 23]	Жимолость голубая <i>Lonicera caerulea L.</i>	Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia L.</i>	Смородина черная <i>Ribes nigrum L.</i>	Брусника обыкновенная <i>Vaccinium vitis-idaea L.</i>
Эссенциальные макроэлементы					
Ca	1250 мг	2.5	3.9	5.1	0.7
K	2500 мг	6.0	10.1	7.2	2.7
Mg	400 мг	3.6	8.4	5.4	1.3
Na	1300 мг	0.01	0.1	0.02	0.01
P	800 мг	5.9	5.0	6.5	1.0
Эссенциальные микроэлементы					
Cu	1 мг	15.9	13.0	4.9	3.3
Fe	М-10 мг Ж-15 мг	6.3	3.7	3.6	1
I	150 мкг	4.2	2.5	2.4	0.7
Mn	2 мг	1.1	0.7	0.7	0.2
Mn	2 мг	9.9	370	5.6	155.5
Se	70 мкг	19.4	8.4	11.3	14.0
Zn	12 мг	2.7	3.3	2.4	1.3
Условно эссенциальные микроэлементы					
B	2.0 мг	10.5	16.2	6.1	4.0
Co	10 мкг	3.5	5.3	5.0	0.8
Cr	50 мкг	1.4	1.8	1.4	1.7
V	15 мкг	1.5	4.7	1.3	0.5
Si	5.0 мг	56.7	36.9	32.5	29.1
Li	100 мкг	0.1	0.1	0.1	0.1
Ni	–	–	–	–	–

Полученные значения концентраций токсичных микроэлементов в ягодах магаданских дикоросов сравнивали с Гигиеническими требованиями безопасности к пищевой продукции, согласно техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) [24], нами доказана их токсическая безопасность.

Выводы

В ходе проведенных исследований были определены средние концентрации макроэлементов (Ca, K, Mg, Na, P), эссенциальных (Cu, Fe, I, Mn, Se, Zn) и условно эссенциальных микроэлементов (B, Co, Cr, V, Si, Li, Ni) и токсичных металлов (Al, As, Cd, Hg, Pb, Sr, Sn) в ягодах дикорастущих растений, которые наиболее часто встречаются в рационе питания жителей Магаданского региона: жимолость голубая (*Lonicera caerulea* L., сем. *Caprifoliaceae*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L., сем. *Rosaceae*), смородина черная (*Ribes nigrum* L., сем. *Grossulariaceae*), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L., сем. *Ericaceae*).

Установлено наибольшее суммарное содержание определяемых элементов в ягоде рябины обыкновенной (36.8%), наименьшее – в бруснике обыкновенной (8.9%). Полученные данные о количественном минеральном составе ягод растений каждого вида позволяют говорить об индивидуальном аккумулятивном ряде химических элементов, выражающемся в степени накопления того или иного элемента и статистически достоверно значимых различиях в концентрациях. При этом наибольшая концентрация отмечена для кальция, калия, магния, фосфора, кремния. Превышения допустимых уровней токсичных элементов в ягоде обнаружено не было, таким образом, можно констатировать экологическую безопасность районов произрастания и традиционного сбора ягод магаданцев.

Рябину обыкновенную и бруснику обыкновенную можно считать аккумуляторами марганца, вместе с тем в целом вклад ягод дикоросов Магадана в покрытие суточной потребности жителей региона в эссенциальных макроэлементах незначителен.

Полученные данные о содержании макро- и микроэлементов в ягодах дикорастущих растений, произрастающих в лесной зоне города Магадана, могут стать дополнением и уточнением имеющейся в литературе информации.

Список литературы

1. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М., 2004. 216 с.
2. Martin S., Griswold W. Human health effects of heavy metals // Environ. Sci. Technol. Briefs Citiz. 2009. Vol. 15. Pp. 1–6.
3. Klavins L., Maaga I., Bertins M. et al. Trace Element Concentration and Stable Isotope Ratio Analysis in Blueberries and Bilberries: A Tool for Quality and Authenticity Control // Foods. 2021. Vol. 10. Pp. 567–579. DOI: 10.3390/foods10030567.
4. Nile S.H., Park S.W. Edible berries: Bioactive components and their effect on human health // Nutrition. 2014. Vol. 30. Pp. 134–144. DOI: 10.1016/j.nut.2013.04.007.
5. Афанасьева Л.В. Содержание микроэлементов в ягоде *Vaccinium vitis-idaea* в Южном Прибайкалье // Химия растительного сырья. 2016. №3. С. 103–108. DOI: 10.14258/jcprm.2016031197.
6. Келимханова С.Е., Баелова А.Е., Кожамжанова А.С. Микроэлементный состав лекарственного растительного сырья – как показатель его качества // Вестник КазНМУ им. С.Д. Асфендиярова. 2010. Т. 5, вып. 3. С. 219–221.
7. Szajdek A., Borowska E. Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: A review // Plant Foods Human Nutr. 2008. Vol. 63. Pp. 147–156. DOI: 10.1007/s11130-008-0097-5.
8. Rodushkin I., Ödman F., Holmström H. Multi-element analysis of wild berries from northern Sweden by ICP techniques // Sci. Total Environ. 1999. Vol. 231. Pp. 53–65. DOI: 10.1016/S0048-9697(99)00080-7.
9. Pöykiö R., Mäenpää A., Perämäki P., Niemelä M., Välimäki I. Heavy metals (Cr, Zn, Ni, V, Pb, Cd) in lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and assessment of human exposure in two industrial areas in the Kemi-Tornio region, Northern Finland // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2005. Vol. 48. Pp. 338–343. DOI: 10.1007/s00244-004-0074-4.
10. Nagajyoti P.C., Lee K.D., Sreekanth T.V. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: A review // Environ. Chem. Lett. 2010. Vol. 8. Pp. 199–216. DOI: 10.1007/s10311-010-0297-8.
11. Karlsons A., Osvalde A., Cekstere G., Pormale J. Research on the mineral composition of cultivated and wild blueberries and cranberries // Agron. Res. 2018. Vol. 16. Pp. 454–463.
12. Сосорова С.Б., Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л. Содержание микроэлементов в лекарственных растениях разных экосистем озера Котокельского (Западное Забайкалье) // Химия растительного сырья. 2016. №2. С. 53–59.
13. Андреева В.Ю., Исайкина Н.В., Цыбукова Т.Н., Петрова Е.В. Изучение элементного состава плодов калины обыкновенной и рябины обыкновенной различными современными методами // Химия растительного сырья. 2016. №1. С. 177–180. DOI: 10.14258/jcprm.201601893.

14. Чепелева Г.Г., Тимошин А.В. Потребительские и физико-химические характеристики различных видов жимолости // Химия растительного сырья. 2007. №4. С. 125–126.
15. Беркутенко А.Н., Вирек Э.Г. Лекарственные растения и пищевые растения Аляски и Дальнего Востока России. Владивосток: Изд-во Дальневосточного ун-та, 1995. 192 с.
16. Тихменев Е.А., Частухина С.А. Пищевые и лекарственные растения флоры Магаданской области: учеб.-метод. пособие. Магадан, 2011. 105 с.
17. Пугачев А.А., Тихменев Е.А. Химический состав растений Арктического побережья Чукотки // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18. №5-3. С. 478–483.
18. Пугачев А.А. Развитие представлений по географии и генезису почв Магаданской области // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2007. №1. С. 58–63
19. Ковальский В.В. Геохимическая среда и жизнь. М., 1982. 76 с.
20. Зуев И.А., Сережников А.И. Химический состав и экологические свойства почвенно-грунтовых вод Примагаданья // Колыма. 1998. №3. С. 2–8.
21. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Особенности состава питьевой воды г. Магадана и здоровье населения // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. №3. С. 241–246. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-3-241-246.
22. Методические рекомендации МР 2.3.1.243208. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. М., 2008. 36 с.
23. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (с изменениями на 8 декабря 2020 года). [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902249109>.
24. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 0021/2011. «О безопасности пищевой продукции» (с изменениями на 8 августа 2019 года). [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320560>.

Поступила в редакцию 25 июня 2021 г.

После переработки 21 сентября 2021 г.

Принята к публикации 14 марта 2022 г.

Для цитирования: Степанова Е.М., Луговая Е.А. Минеральный состав ягод дикорастущих растений лесной зоны Магадана // Химия растительного сырья. 2022. №2. С. 343–350. DOI: 10.14258/jcprm.2022029742.

*Stepanova E.M., Lugovaya E.A.** MINERAL COMPOSITION OF WILD BERRY FRUITS FROM THE FOREST ZONE OF THE CITY OF MAGADAN

Research Center "Arktika" FEB RAS, pr. Karla Marxa, 24, Magadan, 685000 (Russia), e-mail: elena_plant@mail.ru

In the study, the method of atomic emission and mass spectrometry with inductively coupled argon plasma was used to determine average concentrations of macronutrients (Ca, K, Mg, Na, P), essential trace elements (Cu, Fe, I, Mn, Se, Zn) and conditionally essential trace elements (B, Co, Cr, V, Si, Li, Ni), as well as toxic metals (Al, As, Cd, Hg, Pb, Sr, Sn) in wild berries most often included in diets of Magadan region residents: Blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L., *Caprifoliaceae*), Ash berry (*Sorbus aucuparia* L., *Rosaceae*), Black currant (*Ribes nigrum* L., *Grossulariaceae*), Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L., *Ericaceae*).

The highest total amount of elements under study was found in samples of the Ash berry (36.8%), the lowest – in the Lingonberry (8.9%). Data obtained on quantitative mineral composition of berries exhibited different accumulation variables for each of studied elements and statistically significant differences in their concentrations. Amounts of calcium, potassium, magnesium, phosphorus, and silicon were found to be the highest. Toxic element analysis observed no excess of permissible levels. Thus, the woods of the northern region people's traditional berry picking can be referred to an environmentally safe zone.

Keywords: Blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.), Ash berry (*Sorbus aucuparia* L.), Black currant (*Ribes nigrum* L.), Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.), macro- and microelements, the city of Magadan.

* Corresponding author.

References

1. Skal'nyy A.V. *Khimicheskiye elementy v fiziologii i ekologii cheloveka*. [Chemical elements in human physiology and ecology]. Moscow, 2004, 216 p. (in Russ.).
2. Martin S., Griswold W. *Environ. Sci. Technol. Briefs Citiz.*, 2009, vol. 15, pp. 1–6.
3. Klavins L., Maaga I., Bertins M. et al. *Foods*, 2021, vol. 10, pp. 567–579. DOI: 10.3390/foods10030567.
4. Nile S.H., Park S.W. *Nutrition*, 2014, vol. 30, pp. 134–144. DOI: 10.1016/j.nut.2013.04.007.
5. Afanas'yeva L.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, no. 3, pp. 103–108. DOI: 10.14258/jcprm.2016031197. (in Russ.).
6. Kelimkhanova S.Ye., Bayelova A.Ye., Kozhamzhanova A.S. *Vestnik KazNMU im. S.D. Asfendiarova*, 2010, vol. 5, no. 3, pp. 219–221. (in Russ.).
7. Szajdek A., Borowska E. *Plant Foods Human Nutr.*, 2008, vol. 63, pp. 147–156. DOI: 10.1007/s11130-008-0097-5.
8. Rodushkin I., Ödman F., Holmström H. *Sci. Total Environ.*, 1999, vol. 231, pp. 53–65. DOI: 10.1016/S0048-9697(99)00080-7.
9. Pöykiö R., Mäenpää A., Perämäki P., Niemelä M., Välimäki I. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 2005, vol. 48, pp. 338–343. DOI: 10.1007/s00244-004-0074-4.
10. Nagajyoti P.C., Lee K.D., Sreekanth T.V. *Environ. Chem. Lett.*, 2010, vol. 8, pp. 199–216. DOI: 10.1007/s10311-010-0297-8.
11. Karlsons A., Osvalde A., Cekstere G., Pormale J. *Agron. Res.*, 2018, vol. 16, pp. 454–463.
12. Sosorova S.B., Merkusheva M.G., Ubugunov L.L. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, no. 2, pp. 53–59. (in Russ.).
13. Andreyeva V.Yu., Isaykina N.V., Tsybukova T.N., Petrova Ye.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, no. 1, pp. 177–180. DOI: 10.14258/jcprm.201601893. (in Russ.).
14. Chepeleva G.G., Timoshin A.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2007, no. 4, pp. 125–126. (in Russ.).
15. Berkutenko A.N., Virek E.G. *Lekarstvennyye rasteniya i pishchevyye rasteniya Alyaski i Dal'nego Vostoka Rossii*. [Medicinal plants and food plants of Alaska and the Far East of Russia]. Vladivostok, 1995, 192 p. (in Russ.).
16. Tikhmenev Ye.A., Chastukhina S.A. *Pishchevyye i lekarstvennyye rasteniya flory Magadanskoj oblasti: ucheb.-metod. posobiye*. [Food and medicinal plants of the flora of the Magadan region: a teaching aid]. Magadan, 2011, 105 p. (in Russ.).
17. Pugachev A.A., Tikhmenev Ye.A. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2016, vol. 18, no. 5-3, pp. 478–483. (in Russ.).
18. Pugachev A.A. *Vestnik SVNTS DVO RAN*, 2007, no. 1, pp. 58–63. (in Russ.).
19. Koval'skiy V.V. *Geokhimicheskaya sreda i zhizn'*. [Geochemical environment and life]. Moscow, 1982, 76 p. (in Russ.).
20. Zuyev I.A., Serezhnikov A.I. *Kolyma*, 1998, no. 3, pp. 2–8. (in Russ.).
21. Lugovaya Ye.A., Stepanova Ye.M. *Gigiyena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 3, pp. 241–246. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-3-241-246. (in Russ.).
22. *Metodicheskiye rekomendatsii MR 2.3.1.243208. Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii*. [Guidelines MR 2.3.1.243208. Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation]. Moscow, 2008, 36 p. (in Russ.).
23. *Yedinyye sanitarno-epidemiologicheskiye i gigiyenicheskiye trebovaniya k produkcii (tovaram), podlezhashchey sanitarno-epidemiologicheskomu nadzoru (kontrolyu) (s izmeneniyami na 8 dekabrya 2020 goda)*. [Uniform sanitary and epidemiological and hygienic requirements for products (goods) subject to sanitary and epidemiological supervision (control) (as amended on December 8, 2020)]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902249109>. (in Russ.).
24. *Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza TR TS 0021/2011. «O bezopasnosti pishchevoy produkcii» (s izmeneniyami na 8 avgusta 2019 goda)*. [Technical regulation of the Customs Union TR CU 0021/2011. "On food safety" (as amended on August 8, 2019)]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320560>. (in Russ.).

Received June 25, 2021

Revised September 21, 2021

Accepted March 14, 2022

For citing: Stepanova E.M., Lugovaya E.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2022, no. 2, pp. 343–350. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2022029742.