

# ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ РОДА ВАКЦИНИУМ

**Н.С. Фурса**, доктор фармацевтических наук, профессор,  
**Д.С. Круглов**, кандидат технических наук, **М.М. Белокуров\***  
Ярославский государственный медицинский университет;  
Российская Федерация, 150000, Ярославль, ул. Революционная, д. 5

**Введение.** Химические элементы принимают участие в важнейших физиологических процессах растительных организмов. Для растений рода вакциниум не выявлены особенности их накопления и взаимосвязи с фармакологически активными веществами. Кроме того, не ясно, насколько экологически безопасно лекарственное растительное сырье при заготовке в различных районах.

**Цель исследования** – провести масс-спектрометрическое определение элементного состава в листьях европейских и азиатских видов вакциниума отечественной флоры.

**Материал и методы.** Объектами исследования служили листья брусники малой и обыкновенной, голубики, красники, черники кавказской, черники обыкновенной, черники овальнолистной и черники Смолла, заготовленные в местах естественного произрастания. Изучение элементного состава осуществляли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой.

**Результаты.** В процессе исследований в листьях установлено 60 элементов, из которых 6 макро- и 54 микроэлемента. Их содержание в листьях разных видов различалось. Накопление токсичных элементов не превышало допустимых уровней.

**Заключение.** Методом масс-спектрометрии определен элементный состав листьев 8 видов рода *Vaccinium* L. флоры России, характеризующихся индивидуальными особенностями в накоплении отдельных элементов, и установлена экологическая безопасность листьев.

**Ключевые слова:** листья, брусника обыкновенная, *Vaccinium vitis-idaea* L.; брусника малая, *Vaccinium minus* (Lodd.) Worosch.; голубика болотная, *Vaccinium uliginosum* L.; черника кавказская, *Vaccinium arctostaphylos* L.; черника обыкновенная, *Vaccinium myrtillus* L.; черника овальнолистная, *Vaccinium ovalifolium* Sm. In Rees; черника Смолла, *Vaccinium smallii* Gray, красника, *Vaccinium praestans* Lamb., элементы, состав, содержание, масс-спектрометрия.

\*E-mail: belokurovmm@gmail.com

## ВВЕДЕНИЕ

Виды рода вакциниум (*Vaccinium* L.) семейства вересковых (*Ericaceae*) находят разно-

образное применение в медицине. В их числе известные пищевые растения брусника, черника, голубика, красника. Химический состав видов вакциниума изучен недостаточно, в частности не проводилось сравнительного анализа элементного состава [1, 2].

**Таблица 1**  
**РАЙОНЫ ЗАГОТОВКИ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ**  
**РОДА VACCINIUM – ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Растение	Район заготовки
Брусника обыкновенная <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Смешанный лес в окрестностях Ярославля
Брусника малая <i>Vaccinium minus</i> (Lodd.) Wogosch.	Каменистая тундра в окрестностях села Тилички Олоторского района Камчатского края
Голубика болотная <i>Vaccinium uliginosum</i> L.	Окрестности Костромы
Черника кавказская <i>Vaccinium arctostaphylos</i> L.	Краснодарский край
Черника обыкновенная <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Псковская область
Черника овальнолистная <i>Vaccinium ovalifolium</i> Sm. In Rees	Остров Сахалин, смешанный лес в окрестностях поселка Новоалександровка Анивского района
Черника Смолла <i>Vaccinium smallii</i> Gray	Остров Сахалин, смешанный лес в окрестностях г. Долинска
Красника <i>Vaccinium praestans</i> Lamb.	Остров Сахалин, березовый лес в окрестностях г. Долинска

Цель исследования – провести масс-спектрометрическое определение различных элементов в листьях 8 видов вакциниума отечественной флоры.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования служили листья 8 видов рода вакциниум, произрастающих в европейской и азиатской частях России: 4 вида дальневосточные, 1 кавказский и 3 распространены в европейской и азиатской частях страны (табл. 1).

Определение элементов проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой на приборе ELAN-DRC-e [3].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В листьях 8 изученных растений в результате проведенного анализа определено 60 элементов. Из них 6 элементов относятся к макроэлементам (Al, Ca, K, Mg, Na, P) и 54 – к микроэлементам (Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Ce, Cd, Co, Cs, Cr, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Ge, Gd, Hf, Hg, Ho, I, La, Li, Lu, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, Sb, Se, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr).

**Таблица 2**

### ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЛИСТЬЕВ ВИДОВ БРУСНИКИ, ЧЕРНИКИ, ГОЛУБИКИ, КРАСНИКИ

Элемент	Виды рода <i>Vaccinium</i> L.							
	брусника		голубика болотная	красника	черника			
	малая	обыкновенная			обыкновенная	овальнолистная	кавказская	Смолла
<i>Макроэлементы, мкг/кг</i>								
Алюминий (Al)	–	–	7,4000	–	264,00	–	237,80	–
Калий (K)	2475,0	699,40	4582,0	8452,0	8232,0	8292,0	4837,1	8223,0
Кальций (Ca)	8164,0	7166,0	9443,0	3208,0	8562,0	8267,0	6357,9	5976,0
Магний (Mg)	925,00	2245,0	3339,0	2354,0	2302,0	1950,0	3120,0	1684,0
Натрий (Na)	70,300	74,200	17,000	1903,0	70,600	329,00	78,410	386,00
Фосфор (P)	636,00	1193,0	948,00	1285,0	1209,0	1228,0	2106,2	1314,0
<i>Микроэлементы, мкг/кг</i>								
Барий (Ba)	91,900	72,600	49,000	59,300	70,800	96,200	24,200	73,900
Бериллий (Be)	0,0001	0,0081	–	0,0010	0,0071	0,0083	0,0110	0,0010
Бор (B)	8,1500	19,080	19,100	31,200	17,900	20,800	41,030	24,300
Бром (Br)	1,8200	8,4000	128,00	6,3800	7,500	63,500	72,900	5,9100
Ванадий (V)	0,4600	0,3500	0,9800	1,2400	0,3300	0,9700	0,1400	0,5400
Висмут (Bi)	0,0053	0,0194	0,0225	0,0095	0,0205	0,0226	0,0207	0,0150
Вольфрам (W)	0,0063	0,0570	0,0250	0,0250	0,1900	0,0220	0,1653	0,0100
Гадолиний (Gd)	0,0100	0,0180	0,0034	0,0240	0,0210	0,0160	0,0290	0,0073
Галлий (Ga)	0,0620	0,0780	0,0990	0,1400	0,1100	0,1700	0,0520	0,1500
Гафний (Hf)	0,0073	0,0062	0,0036	0,1400	0,0130	0,0045	0,0059	0,0038
Германий (Ge)	0,0095	0,0129	–	0,0280	0,0140	0,0053	0,0140	0,0034
Гольмий (Ho)	0,0019	0,0818	0,0006	0,0037	0,0031	0,0030	0,0023	0,0016
Диспрозий (Dy)	0,0110	0,0150	0,0028	0,0180	0,0170	0,0120	0,0220	0,0067

Элемент	Виды рода <i>Vaccinium</i> L.							
	брусника		голубика болотная	красника	черника			
	малая	обыкновенная			обыкновенная	овальнолистная	кавказская	Смола
Европий (Eu)	0,00083	0,0014	0,0056	0,0058	0,0029	0,0028	0,0030	0,0001
Железо (Fe)	130,00	163,00	114,00	304,00	206,00	185,00	111,10	130,00
Золото (Au)	0,0210	0,0079	0,0010	0,0038	0,0110	0,0240	0,0220	0,0062
Иттербий (Yb)	0,0044	0,0085	0,0015	0,0087	0,0098	0,0067	0,0062	0,0023
Иттрий (Y)	0,0670	0,0800	0,0160	0,1000	0,0900	0,0700	0,0740	0,0350
Йод (I)	0,1100	0,0920	0,2300	0,1400	0,0850	0,1900	0,0890	0,1300
Кадмий (Cd)	0,0150	0,0170	0,9500	0,0200	0,0320	0,0290	0,0130	0,0110
Кобальт (Co)	0,1800	0,2150	0,2000	0,2000	0,2400	0,2000	0,1740	0,1200
Лантан (La)	0,0410	0,0870	0,0280	0,1200	0,1100	0,0790	0,0420	0,0440
Литий (Li)	0,0570	0,0900	1,3200	0,7900	0,1200	0,1400	0,0800	0,1800
Лютеций (Lu)	0,00091	0,0008	0,0004	0,0015	0,0020	0,00095	0,0007	0,0006
Марганец (Mg)	271,00	814,00	610,00	272,00	2453,0	2381,0	731,30	1169,0
Медь (Cu)	2,5400	3,9400	5,3200	5,5900	6,8900	5,0700	6,2200	4,2900
Молибден (Mo)	0,0250	0,0560	0,0300	0,0840	0,0610	0,0230	0,0230	0,0036
Мышьяк (As)	0,0005	0,0005	—	0,0005	0,2200	0,0005	0,1440	0,0005
Неодим (Nd)	0,0360	0,0700	0,0170	0,1100	0,0800	0,0670	0,0680	0,0310
Никель (Ni)	0,9500	1,1200	1,7400	1,2000	0,7800	0,5000	5,8900	0,5300
Ниобий (Nb)	0,0073	0,0630	0,0120	0,1100	0,0380	0,0510	0,0250	0,0160
Олово (Sn)	0,3200	0,1800	0,0200	0,1300	0,1600	0,1900	0,3190	0,0540
Празеодим (Pr)	0,0100	0,0190	0,0056	0,0270	0,0250	0,0180	0,0190	0,0094
Ртуть (Hg)	0,0089	0,0680	0,0097	0,0950	0,4900	0,2000	0,0354	0,0560
Рубидий (Rb)	3,2500	17,400	14,300	3,8200	28,300	9,6300	3,5000	9,8200
Самарий (Sm)	0,0110	0,0780	0,0046	0,0190	0,0290	0,0120	0,0270	0,0067
Свинец (Pb)	0,3200	0,4510	0,5300	0,7400	1,5400	0,9000	0,5000	0,5400
Селен (Se)	0,5200	0,3630	0,4330	0,6100	0,5490	0,4900	0,1700	0,2900
Серебро (Ag)	0,0170	0,0290	0,0380	0,0710	0,0140	0,0400	0,0370	0,0420
Стронций (Sr)	31,600	9,2700	19,500	12,200	7,4200	12,400	6,1000	22,200
Сурьма (Sb)	0,0084	0,0290	0,0160	0,0240	0,0380	0,0280	0,0410	0,0160
Таллий (Tl)	0,0043	0,0037	0,0069	0,0038	0,0046	0,0020	0,0029	0,0032
Тантал (Ta)	0,0037	0,0051	0,0012	0,0040	0,0060	0,0041	0,0036	0,0070
Тербий (Tb)	0,0019	0,0029	0,0007	0,0042	0,0036	0,0023	0,0050	0,0014
Титан (Ti)	11,900	7,3000	6,1000	37,300	4,3500	23,800	6,1900	12,600
Торий (Th)	0,0055	0,0180	0,0054	0,4100	0,0310	0,0220	0,0145	0,0130
Тулий (Tm)	0,0010	0,0019	0,0005	0,0016	0,0020	0,00079	0,0016	0,00066
Уран (U)	0,0028	0,0057	0,0025	0,0130	0,0110	0,0064	0,0064	0,0047
Хром (Cr)	1,5600	3,8400	3,7600	1,8700	3,4600	2,2200	4,1700	1,2600
Цезий (Cs)	0,0190	0,0550	0,2630	0,0400	0,0770	0,0290	0,0110	0,1100
Церий (Ce)	0,0770	0,0630	0,0480	0,2700	0,0770	0,1600	0,0680	0,0880
Цинк (Zn)	11,700	12,400	57,100	10,900	44,800	27,900	21,300	14,200
Цирконий (Zr)	0,0073	0,1030	0,1300	0,1000	0,6050	0,0510	0,2120	0,2500
Эрбий (Er)	0,0045	0,0027	0,0009	0,0010	0,0098	0,0062	0,0100	0,0024

Высокие концентрации (более 1 мкг/кг) отмечены для 18 элементов (Al, K, Ca, Mg, Na, P, Ba, B, Br, Fe, Mn, Cu, Ni, Rb, Sr, Ti, Cr, Zn), низкие (0,0001 – 0,0100 мкг/кг) – для 10 (Be, Eu, Lu, As, Tl, Ta, Tb, Tm, U, Er). Содержание остальных элементов находилось в интервале 0,0100 – 1 мкг/кг (табл.2).

Больше всего максимальных значений отдельных элементов установлено в листьях красники и черники обыкновенной, минимальных – брусники малой и голубики. Из макроэлементов в листьях больше всего содержалось кальция, калия, магния, фосфора. Кальций доминировал в листьях голубики, брусники, черники обыкновенной и черники кавказской, калий – в листьях красники, черники овальнолистной и черники Смолла. Из микроэлементов в листьях преобладает содержание марганца, железа, бария, стронция, рубидия, титана, цинка, бора.

Одна из особенностей видов вакциниума – накопление марганца. Вероятно, это связано с обитанием растений на слабокислых почвах и более интенсивным усвоением этого элемента. Марганец в известной мере регулирует окислительно-восстановительные процессы в растительных клетках. По-видимому, его значительное накопление способствует биосинтезу веществ с высоким восстановительным потенциалом, к которым следует отнести фенольные соединения – одну из групп действующих веществ элементного состава вересковых.

Содержание токсичных элементов (кадмия, ртути, свинца) и мышьяка в листьях не превышало допустимых значений, что свидетельствовало об их экологической безопасности [4].

В процессе исследований 8 видов рода вакциниум между ними не выявлено принципиальных различий в элементном составе, хотя растения произрастают на расстоянии в сотни и тысячи километров друг от друга. Выявленная закономерность, по-видимому, с одной стороны, обусловлена механизмами гомеостаза растений, а с другой, относительной схожестью экологического состояния регионов произрастания и отсутствием глобального загрязнения территорий.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой установлен элементный состав листьев 8 видов рода *Vaccinium* L. флоры России, характеризующихся индивидуальными особенностями в накоплении отдельных элементов, и установлена экологическая безопасность листьев.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Том 2. Семейства *Actinidiaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae*. СПб. – М.: товарищество научных изданий КМК, 2009; 513.
2. Дикорастущие полезные растения России. Под ред. А.Л. Буданцева, Е.Е. Лесиовской. СПб.: СПГХФА, 2001; 664.
3. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой: методические указания (МУК 4.1.1483-03). М.: ФЦГСЭН МЗРФ, 2003; 36.
4. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» от 06.11.2001 г. с изменениями от 31.05.2002 г.

Поступила 24 октября 2016 г.

## THE ELEMENT COMPOSITION OF THE LEAVES OF PLANTS OF THE *VACCINIUM* GENUS

Professor **N.S. Fursa**, PhD; **D.S. Kruglov**, PhD; **M.M. Belokurov**

Yaroslavl State Medical University; 5, Revolutsionnaya St., Yaroslavl 150000, Russian Federation

### SUMMARY

**Introduction.** Chemical elements take part in the most important physiological processes of plant organisms. No specific features of their accumulation and interaction with pharmacologically active substances have been found for the plants of the genus *Vaccinium*. In addition, it is unclear how environmentally safe the medicinal plant raw materials are during harvesting in different areas.

**Objective:** to mass spectrometrically determine the element composition of the leaves of European and Asian *Vaccinium* species grown in Russia.

**Material and methods.** The leaves of minor lingonberry (*Vaccinium minus* (Lodd.) Worosch.), common lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.), bog blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.), red huckleberry (*Vaccinium praestans* Lamb.); Caucasian whortleberry (*Vaccinium arctostaphylos* L.), bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.), blue huckleberry (*Vaccinium ovalifolium* Sm. In Rees), and *Vaccinium smallii*, which had been harvested in the natural habitats, were matters for this investigation. Their elemental composition was examined by inductively coupled argon plasma mass spectrometry.

**Results.** The investigation established that the leaves contained 60 elements, including 6 gross elements and 54 trace elements. Their contents in the leaves of different species varied. The accumulation of toxic elements did not exceed the permissible levels.

**Conclusion.** Mass spectrometry was used to determine the element composition of the leaves of 8 species of the genus *Vaccinium* L. grown in Russia, which were characterized by individual differences in the accumulation of individual elements and to establish the environmental safety of the leaves.

**Key words:** leaves, common lingonberry, *Vaccinium vitis-idaea* L.; minor lingonberry, *Vaccinium minus* (Lodd.) Worosch.; bog blueberry, *Vaccinium uliginosum* L.; Caucasian whortleberry, *Vaccinium arctostaphylos* L.; bilberry, *Vaccinium myrtillus* L.; blue huckleberry, *Vaccinium ovalifolium* Sm. In Rees; *Vaccinium smallii* Gray; red huckleberry, *Vaccinium praestans* Lamb.; elements, composition, content, mass spectrometry.

### REFERENCES

1. Plant Resources of Russia. Wild flowering plants, their composition and biological activity, T.2 Family, *Actinidiaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae*. St. Petersburg – Moscow: partnership of scientific publications KMK, 2009; 513 (in Russian).
2. Wild useful plants of Russia (response. ed. A. L. Budantsev, E. E. Lesiovskaya). St. Petersburg: SPSCPA, 2001; 664 (in Russian).
3. Determination of the content of chemical elements in diagnosed biosubstrates, products and biologically active additives by mass spectrometry with inductively coupled argon plasma: guidelines (MUK 4.1.1483-03). Moscow: FC GSEN MZRF, 2003; 36 (in Russian).
4. Sanitary regulations and standards 2.3.2.1078-01 «Hygienic safety requirements and the nutritional value of food products» on 06.11.2001, amended on 31.05.2002 (in Russian).