

© Коллектив авторов., 2012
УДК 582.912.16:541.43

МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНОВ ГОЛУБИКИ

А.А. Таланов, Д.С. Круглов, Н.С. Фурса

Ярославская государственная медицинская академия

Методом масс-спектрометрии определен элементный состав надземных и подземных органов голубики.

Ключевые слова: голубика, состав, макроэлементы, микроэлементы, масс-спектрометрия, анализ.

Плоды, листья и побеги голубики (*Vaccinium uliginosum* L.) используют в народной медицине. Плоды влияют на память, улучшают аппетит, оказывают противощитовидное, жаропонижающие, мочегонное, желчегонное, общеукрепляющие, противовоспалительное, ранозаживляющие и противоатеросклеротическое действие. Их применяют при дизентерии, колитах, гастрите, пиелите, цистите, анемии, катаре желудка. Листья показаны при анемии и для улучшения обмена веществ. Отвар побегов – гипотензивное и кардиотоническое средство. Плоды и листья голубики способствуют понижению уровня сахара в крови и находят применение при лечении неосложненных форм сахарного диабета [1,2,4]. Особенно популярны плоды в питании. Их употребляют свежими и в переработанном виде для приготовления высокопитательных диетических блюд.

Отвар измельченных плодов применяют для компрессов, примочек, при лечении ожогов, обморожений, мокнущих экзем, лишая; в виде полосканий при воспалении ротовой полости и гортани. Соком зрелых плодов с творогом или сметаной питают кожу лица и шеи. Отвар листьев в виде компрессов, обмываний используют при кожных заболеваниях, ожогах, потливости рук и ног, в основном как вяжущее и противовоспалительное средство [3].

В обеспечении нормального функционирования организма существенная роль принадлежит различным элементам. Их недостаток или дисбаланс способствует патогенезу и развитию клинических симптомов различной патологии. Так, к числу жизненно необходимых элементов относится натрий, всасывание которого усиливается в присутствии аминокислот и глюкозы. Он является основным катионом внеклеточной жидкости, поддерживает осмотическое давление, определяет движение воды, участвует в регуляции кислотно-основного состояния, нервно-мышечной возбудимости, в передаче возбуждения по нервно-мышечным волокнам. С его участием сохраняется и поддерживается постоянство биэлектрического потенциала мембран клеток. Этот элемент потенцирует действие адреналина и влияет на величину сосудистого тонуса. Симптомами дефицита натрия являются спазмы в животе, анорексия, спутанность сознания, дегидратация, депрессия, головокружение, слабость, метеоризм, галлюцинации, головная боль, нарушение вкусовой чувствительности, вялость, апатия, нарушение памяти, мышечная слабость, тошнота, рвота, нарушение координации, рецидивирующие инфекции, потеря веса. Гипонатриемия сопровождается уменьшением объема внеклеточной жидкости и спазмами, снижением артериального давления, клубочковой фильтрации [7].

Не менее важен для жизнедеятельности калий, являющийся основным внутриклеточным анионом. Между его потреблением лицами приклонного возраста и плотностью костной ткани существует прямая корреляционная связь. Как и натрий, он имеет первостепенное значение для обеспечения возбудимости мембран. Именно различия в концентрации этих ионов по разные стороны мембраны обеспечивают существование источника энергии для функционирования многих внутриклеточных ферментов, в частности катализирующих фосфорилирование карбоксильных групп или фенольных анионов, реакции элиминирования. Калий участвует в синтезе белка, гликогена, АТФ, креатинфосфата, ацетилхолина, в фосфорилировании глюкозы, передаче возбуждения по нервно-мышечному волокну. От его соотношения с другими ионами зависит состояние нервно-мышечной возбудимости, сократительная способность миокарда, секреция желез пищеварительного канала. Симптомами дефицита калия являются выраженная сухость кожи, озноб, запор, депрессия, диарея, снижение рефлексов, отеки, нервозность, неукротимая жажда, приступы сердцебиения, непереносимость глюкозы, задержка роста, повышенный уровень холестерина, бессонница, понижение артериального давления, мышечная слабость, тошнота, рвота, периодические головные боли, протеинурия, задержка соли в организме. Секреция стрессовых гормонов вызывает уменьшение соотношения калий/натрий вне и внутри клеток, поэтому в условиях стресса повышается потребность организма в калии [7].

Дефицит кальция приводит к недостаточности парашитовидных желез (судороги, спазмы), повышенному его выведению из организма (остеопороз), аллергическим заболеваниям (крапивница, сенная лихорадка), повышенной проницаемости сосудов, кожным заболеваниям (зуд, экзема, псориаз), токсическим поражениям печени и почек, высокому артериальному давлению, бессоннице, тревожности [7].

После натрия, калия, кальция по удельному весу в организме следует маг-

ний, являющийся внутриклеточным катионом. Он служит кофактором для более чем 300 ферментов, участвующих в регуляции энергетического, пластического и электролитного обмена, клеточного роста, синтеза белков, в частности нормального функционирования рибосом и информационной РНК, а также в обмене фосфора, синтезе АТФ, регуляции гликолиза, построения костной ткани и др. За пределами клеток ионы магния способны блокировать нейросинаптическую передачу, препятствуя освобождению ацетилхолина, а также нарушать продукцию клетками мозгового слоя надпочечников катехоламинов, моделируя тем самым их физиологическую реакцию на стрессовое воздействие. В связи с чем магний, тормозя развитие процессов возбуждения в ЦНС и снижая чувствительность организма к внешним раздражителям, выполняет функцию естественного антистрессового фактора. Причинами дефицита магния являются – избыток природного антагониста – кальция, алкоголизм, синдром мальабсорбции, эндокринные заболевания (сахарный диабет, гиперальдостеронизм, гиперфункция щитовидной железы), физическое и психическое перенапряжение, беременность, лактация. При дефиците этого элемента могут развиваться разные виды патологии, в частности сердечно-сосудистые (артериальная гипертензия, аритмии, ИБС), эндокринные (сахарный диабет), психоневрологические (тревожность, депрессия, головокружение, мигрень, расстройства памяти, судорожный синдром). Дефицит магния встречается при синдроме хронической усталости, а также он является обычным явлением при хронических стрессах [7].

При дефиците кремния снижается неспецифическая сопротивляемость болезням, в том числе новообразованиям. Его уровень уменьшается с возрастом, поэтому потребность в нем повышается. С возрастом снижается также усвояемость марганца, а потребность в нем остается прежней, что создает благоприятный фон для развития злокачественных новообразований и сердечно-сосудистых заболеваний.

При дефиците селена страдают практически все системы, в частности иммун-

ная (повышается частота простудных и воспалительных заболеваний, повышается риск новообразований), сердечно-сосудистая (риск инфаркта миокарда, дистрофия миокарда, кардиопатия, нарушение сердечного ритма), печень (снижение детоксикационной функции, гиперхолестеринемия, цирроз, панкреатит), щитовидная железа, кожа (дерматит, экзема, воспалительные заболевания, возрастные пятна), волосы (выпадение, слабый рост), соединительная ткань (ревматические заболевания, артриты), глаза (глаукома, катаракта), кровь (анемия) [7].

Из изложенного следует, что любые нарушения элементного равновесия проблематичны и требуют регулирования.

Одной из возможных причин широкого использования голубики, особенно в северных районах, могут быть различные макро- и микроэлементы как незаменимые нутриенты не синтезируемые в организме, значение отдельных из которых сравнимо со значением витаминов. С одной стороны, если в сырье, используемом для получения одной дозы препарата, биогенные элементы содержатся в количествах, сопоставимых с суточной потребностью, то следует учитывать их биологическую активность, а с другой стороны, в голубике могут накапливаться токсичные элементы, в частности Cd, Hg, Pb, As, поэтому определение элементного состава позволяет получить данные, свидетельствующие как о безопасности, так и уровне экологического состояния места сбора.

Химический, в том числе элементный, состав надземных и подземных органов голубики изучен недостаточно. Сравнительная характеристика элементов различных органов не проводилась. Ранее нами проведен сравнительный анализ аминокислотного и углеводного состава надземных и подземных органов голубики. При этом установлено, что плоды занимали промежуточное положение по общему содержанию аминокислот между листьями и цветками, с одной стороны, стеблями и корнями, с другой. Больше всего заменимых кислот, в частности глутаминовой, аргинина, цистеина, орнитина и меньше всего незаменимых аминокислот, напри-

мер, валина, изолейцина, треонина, лизина, накапливалось в плодах [9]. Содержание свободных, особенно фруктозы, и связанных сахаров, в частности глюкозы и галактозы, а также общей суммы сахаров преобладало в плодах [8].

Цель исследования – проанализировать элементный состав различных органов голубики.

Материалы и методы

Наземные и подземные органы голубики собрали в окрестностях г. Костромы и провели масс – спектрометрическое определение макро-, микро- и ультрамикрорэлементов на приборе ELAN-DRC с индуктивно связанной плазмой [5].

Результаты и их обсуждение

Результаты определений обобщены в таблице 1.

Из данных, приведенных в таблице, следует, что в корнях, стеблях, листьях, цветках и плодах голубики обнаружены 7 макро-, 56 микро- и ультрамикрорэлементов.

В различных органах могут быть расположены в следующих рядах: корни – макроэлементы – K>Ca>Mg>P>Al>Si>Na, микро- и ультрамикрорэлементы – Mn>Fe>Zn>Ba>Rb>Ti>Sr>B>Ni>Cr>Cu>Pb>Se>Co>Cd>Br>V>I>Tl>La>Sn>Cs=Zr>Ga>Mo>Bi>Th>Nd>Y>Ag>Ge>Ce>Li>Sb>Pr>Nb>Gd>W>Hg=Sm>Dy>U>As>Er>Yb>Au>Hf>Ho>Tb>Be>Tm>Ta=Lu>Eu; стебли – макроэлементы – Ca>K>Mg>P>Al>Na>Si, микро- и ультрамикрорэлементы – Mn>Zn>Fe>Ba>Cu>Sr>Rb>B>Ti>Cr>Ni>Cd>Pb>Mo>I>Cs>V>Co>Ag = Ce>Zr>Br>Sn>Tl>Nb>Bi>La>Sm>Th>Nd>Li>Ga>Sb=Y>Pr>Be>W>Hg>Gd>Au>Dy>U>Hf>Er>Yb>Ta>Tm=Ho>Tb>Se=As>Lu>Ge>Eu; листья – макроэлементы – Ca>K>Mg>Si>P>Na>Al, микро- и ультрамикрорэлементы – Mn>Br>Fe>Zn>Ba>Sr>B>Rb>V>Ti>Cu>As>Se>Cr>Ni>Li>Cd>Pb>I>Co>Zr>Ga>Ce>Ag>Mo>La>W>Bi>Sn>Y>Nd>Sb>Nb>Hg>Tl>Eu>Pr>Th>Sm>Hf>Gd>Dy>U>Yb>Ta>Au>Er>Tb>Ho>Tm>Lu; цветки – макроэлементы – K>P>Ca>Si>Al>Na, микро- и ультрамикрорэлементы – Mn>Fe>Zn>Rb>B>Ba>Cu>Ti>Cr>Ni>Sr>Br>Pb>Cs=Cd>I>

Таблица 1

**Содержание макро-, микро- и ультрамикроэлементов
в различных органах голубики болотной**

Элемент	Корни	Стебли	Листья	Цветки	Плоды
1	2	3	4	5	6
Макроэлементы, мкг/г					
Алюминий (Al)	145,0000	75,3000	7,4000	58,1000	7,2000
Калий (K)	1457,0000	1088,0000	4582,0000	12184,0000	5875,0000
Кальций (Ca)	1034,0000	1439,0000	9443,0000	2237,0000	961,0000
Кремний (Si)	60,5000	55,5000	2232,0000	98,2000	6503,0000
Магний (Mg)	528,0000	623,0000	3339,0000	1520,0000	545,0000
Натрий (Na)	55,8000	71,6000	17,0000	56,0000	13,0000
Фосфор (P)	305,0000	495,0000	948,0000	2621,0000	1549,0000
Микро – и ультрамикроэлементы, мкг/г					
Барий (Ba)	29,0000	60,2000	49,0000	17,1000	7,5000
Бериллий (Be)	0,0010	0,0091	-	0,0150	<0,0050
Бор (B)	3,9400	6,1900	19,1000	19,6000	6,2000
Бром (Br)	0,4300	0,0920	128,0000	1,2400	8,9000
Ванадий (V)	0,4000	0,1800	9,8000	0,0850	0,5300
Висмут (Bi)	0,0890	0,0790	0,0225	0,0280	0,0008
Вольфрам (W)	0,0140	0,0078	0,0250	0,0044	0,0380
Гадолиний (Gd)	0,0150	0,0062	0,0034	0,0020	0,0005
Галлий (Ga)	0,1000	0,0300	0,0990	0,0450	0,0630
Гафний (Hf)	0,0023	0,0020	0,0036	0,0020	0,0008
Германий (Ge)	0,0360	0,0002	-	<0,0002	-
Гольмий (Ho)	0,0021	0,0006	0,0006	0,0004	0,0001
Диспрозий (Dy)	0,0110	0,0037	0,0028	0,0013	0,0006
Европий (Eu)	0,0028	<0,0001	0,0056	0,0004	0,0006
Железо (Fe)	125,0000	72,7000	114,0000	72,0000	87,0000
Золото (Au)	0,0024	0,0044	0,0010	0,0081	0,0009
Индий (In)	-	-	-	-	0,0003
Иттербий (Yb)	0,0040	0,0009	0,0015	0,0003	0,0003
Иттрий (Y)	0,0600	0,0240	0,0160	0,0100	0,0025
Йод (I)	0,4000	0,2900	0,2300	0,3400	0,0510
Кадмий (Cd)	0,6100	1,6800	0,9500	0,3800	0,1180
Кобальт (Co)	0,6700	0,1400	0,2000	0,0630	0,0190
Лантан (La)	0,1900	0,0760	0,0280	0,0170	0,0047
Литий (Li)	0,0330	0,0320	1,3200	0,0410	0,0049
Лютеций (Lu)	0,0005	0,0003	0,0004	<0,0001	0,0001
Марганец (Mn)	313,0000	231,0000	610,0000	217,0000	112,0000
Медь (Cu)	3,3200	7,3600	5,3200	11,5000	3,6200
Молибден (Mo)	0,0990	0,3100	0,0300	0,1500	0,0760
Мышьяк (As)	<0,0050	<0,0050	4,9800	<0,0050	0,2600
Неодим (Nd)	0,0770	0,0330	0,0170	0,0900	0,0035
Никель (Ni)	3,4800	1,9700	1,7400	2,3500	0,3000
Ниобий (Nb)	0,0170	0,0810	0,0120	0,0110	0,0039
Олово (Sn)	0,1600	0,0860	0,0200	0,0380	0,0084

1	2	3	4	5	6
Празеодим (Pr)	0,0200	0,0100	0,0056	0,0310	0,0009
Ртуть (Hg)	0,0130	0,0074	0,0097	0,0002	0,0035
Рубидий (Rb)	6,6500	7,0000	14,3000	28,3000	11,4000
Самарий (Sm)	0,0130	0,0620	0,0046	0,0280	0,0012
Свинец (Pb)	0,9800	1,5600	0,5300	0,4300	0,0620
Селен (Se)	0,7600	<0,0005	4,3300	<0,0005	0,9700
Серебро (Ag)	0,0490	0,1300	0,0380	0,0240	0,0091
Стронций (Sr)	4,4900	7,2300	19,5000	1,3200	0,9200
Сурьма (Sb)	0,0240	0,0240	0,0160	0,0100	0,0032
Таллий (Tl)	0,2000	0,0840	0,0069	0,0015	0,0008
Тантал (Ta)	0,0005	0,0008	0,0012	0,0009	0,0009
Титан (Ti)	5,7000	3,3100	6,1000	3,9500	2,4000
Теллур (Te)	-	-	-	-	0,0008
Тербий (Tb)	0,0019	0,0005	0,0007	0,0004	0,0002
Торий (Th)	0,0800	0,0450	0,0054	0,0230	0,0010
Тулий (Tm)	0,0009	0,0006	0,0005	0,0001	-
Уран (U)	0,0063	0,0034	0,0025	0,0012	0,0010
Хром (Cr)	3,3600	2,7300	3,7600	3,0200	0,9100
Цезий (Cs)	0,1300	0,2200	0,2630	0,3800	0,2900
Церий (Ce)	0,0350	0,1300	0,0480	0,0410	0,0300
Цинк (Zn)	64,0000	119,0000	57,1000	63,9000	24,0000
Цирконий (Zr)	0,1300	0,0940	0,1300	0,1300	0,0204
Эрбий (Er)	0,0042	0,0018	0,0009	0,0003	0,0002
Всего элементов	61	61	59	61	61

Mo>Zr>Nd>V>Co>Ga>Li>Sn>Pr>Sm=Bi>Ag>Th>La>Be>Nb>Y=Sb>Au>As>W>Gd=Hf>Tl>Dy>U>Ta>Se>Tb=Ho>Er=Yb>Hg>Tm>Lu; плоды – макроэлементы – Si>K>P>Ca>Mg>Na>Al, микро- и ультрамикроэлементы – Mn>Fe>Zn>Rb>Br>Ba>B>Cu>Ti>Sr>Se>Cr>V>Ni>As>Cd>Mo>Ga>Pb>I>W>Ce>Cs>Zr>Co>Ag>Sn>Be>Li>La>Nb>Hg=Nd>Sb>Y>Sm>Th>Au=Pr=Ta>Bi=Gf=Ti=Te>U>Dy=Eu>Gd>In=Tb>Tb=Er>Go=Lu.

По степени убывания элементы в Индии и теллур выявлены только в плодах. Из результатов исследований следует, что больше всего максимальных значений (более 40%) отдельных элементов (25) определено в корнях (Al, Bi, Gd, Ga, Ge, Ho, Dy, Eu, Fe, Yb, Y, I, Co, La, Lu, Ni, Sn, Hg, Sb, Tl, Tb, Th, Tm, U, Er), значительно меньше (13) в листьях (Ca, Mg, Br, V, Hf, Li, Mn, As, Se, Sr, Ta, Ti, Cr), в стеблях – 10 (Na, Ba, Cd, Mo, Nb, Sm, Pb, Ag, Ce, Zn) в цветках – 10 (K, P, Be, B, Au, Cu, Nd, Pr, Rb, Cs) и меньше всего (2) в плодах (Si, W). После максимальных наибольшее количество

последующих значений (17) обнаружено в стеблях (Al, Be, Bi, Gd, Dy, Au, Y, La, Cu, Sn, Sr, Sb, Tl, Th, Tm, U, Er), несколько меньше (15) в листьях (Si, Ba, B, W, Ho, Eu, Fe, Yb, Cd, Co, Lu, Hg, Rb, Tb, Ce), в корнях – 11 (Mn, Mo, Nd, Nb, Pr, Pb, Ag, Ti, Cr, Zn, Zr), в цветках – 9 (Ca, Mg, Na, I, Li, Ni, Sm, Ta, Zn), в плодах – 8 (K, P, Br, V, As, Se, Ta, Cs).

Самое значительное количество (37) минимальных значений (более 60%) определено в плодах (Ca, Na, Al, Bi, Gd, Hf, Ho, Dy, Au, Yb, Y, I, Cd, Co, La, Li, Mn, Nd, Ni, Nb, Sn, Pr, Rb, Pb, Ag, Sr, Sb, Tl, Ti, Tb, Th, V, Cr, Ce, Zn, Zr, Er) и значительно меньше (8) в корнях (K, Cd, Si, Br, Cu, Rb, Ta, Cs), в цветках – 7 (V, W, Ge, Fe, Lu, Hg, Tm), в стеблях – 6 (K, Si, Br, Ga, Eu, Se) и всего один (Mo) в листьях, т. е. для вегетативных органов характерно более высокое накопление большинства элементов, в том числе токсичных (Cd, Pb, Hg, As, Zn), содержание которых в отдельных органах превышало допустимый

уровень [6]. Кадмия, свинца, цинка больше всего выявлено в стеблях, ртути – в корнях, мышьяка – в листьях (таблица).

Выводы

1. В надземных и подземных органах голубики масс – спектрометрией определено содержание 63 элементов, из них 7 макро- (Al, Ca, K, Mg, P, Na, Si), 56 микро- и ультрамикроэлементов (Ba, Be, B, Br, V, Bi, W, Gd, Ga, Hf, Ge, Ho, Dy, Eu, Fe, Au, In, Yb, Y, I, Cd, Co, La, Li, Lu, Mn, Cu, Mo, As, Nd, Ni, Sn, Pr, Hg, Rb, Sm, Pb, Se, Ag, Sr, Sb, Tl, Ta, Ti, Te, Tb, Th, Tm, U, Cr, Cs, Ce, Zn, Zr, Er), среди которых больше всего накапливалось K, Ca, Mg, P, Mn, Fe, Zn, Al, Na, Ba, Rb, B, Sr и др. Максимум многих элементов отмечен в корнях, минимум – в плодах.
2. Установлено, что среди проанализированных органов растения наиболее экологически безопасными являлись плоды. В них меньше всего содержалось кадмия, свинца, цинка.

Литература

1. Алексейчик Н.И. Дары лесов, полей, лугов / Н.И. Алексейчик, В.А. Санько. – М.: Физкультура и спорт, 1994. – 286 с.
2. Лекарственные растения: энциклопедия / сост.: И.Н. Путьрский, В.Н. Прохоров. – Минск: Книжный дом, 2003. – 656 с.
3. Лесная фитотерапия / В.П. Тарасенко [и др.]. – Минск: Ураджай, 1999. – 303 с.
4. Лечебные свойства пищевых растений / Т.Л. Кисилева [и др.]. – М.: Изд-во ФНКЭЦ ТМДЛ Росздрава, 2007. – 533 с.
5. МУК 4.1.1483-03. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. – М.: ФЦГСЭН МЗ РФ, 2003. – 36 с.
6. СанПин 2.3.2.1078-01. «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов от 06.11.2001 с изменениями от 31.05.2002. – М., 2002.
7. Таланов А.А. Изучение веществ первичного и вторичного обмена различных органов голубики обыкновенной: дипломная работа / А.А. Таланов. – Ярославль, 2009. – 106 с.
8. Таланов А.А. Анализ свободных и связанных углеводов в подземных и надземных органах голубики / А.А. Таланов, Н.С. Фурса // Рос. медико-биол. вестн. им. акад. И.П. Павлова. – 2010. – № 2. – С. 130-134.
9. Таланов А.А. Сравнительная характеристика аминокислотного состава подземных и надземных органов голубики / А.А. Таланов, Н.А. Кузьмичева, Н.С. Фурса // Вестник фармации. – 2010. – № 1 (47). – С. 9-17.

THE MASS-SPECTROMETRY STUDY OF DIFFERENT BLUEBERRY (VACCINIUM ULIGINOSUM) ORGANS ELEMENT COMPOSITION

A.A. Talanov, D.S. Kruglov, N.S. Fursa

The element composition of overground and underground *Vaccinium uliginosum* organs was determined by mass-spectrometry method.

Key words: *Blueberries, composition, macronutrients, micronutrients, masspektrometriya, analysis.*

Фурса Н.С. – д-р фарм. наук, профессор; Ярославская государственная медицинская академия.

E-mail: paranal@rambler.ru.