



УДК 615.322

А.И. Попов, Ю.Н. Дементьев
A.I. Popov, Yu.N. Dementyev

**ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ЛИСТЬЕВ ГОЛУБИКИ
(VACCINIUM ULIGINOSUM L.) ИЗ СЕМЕЙСТВА ВЕРЕСКОВЫЕ (ERICACEAE JUSS.)**

**CHEMICAL ELEMENTS OF MINERAL SUBSTANCES IN BLUEBERRY LEAVES
(VACCINIUM ULIGINOSUM L.) FROM THE HEATH FAMILY (ERICACEAE JUSS.)**

Ключевые слова: химические элементы, минеральные вещества, листья, голубика, семейство вересковые, традиционная медицина, лекарственные растения, пищевые растения, ксенобиотики, Западная Сибирь.

Изучение элементного состава растений, произрастающих в экстремальных регионах, является актуальным. Актуальность подтверждается и недостаточностью сведений об элементном составе флоры Сибири, который является показателем биогеохимической обстановки места обитания растений, отражающих естественные геохимические и антропогенные процессы данного региона.

Цель исследования – изучить качественный состав и количественное содержание химических элементов в листьях голубики, собранных в различных климатических условиях. Исследования проводили на отечественных и зарубежных приборах в нескольких специализированных лабораториях с помощью абсорбционных спектральных, а также инверсионного вольтамперметрического методов. Установлено, что листья голубики содержат 6 макро-, 53 микро- и ультрамикрорезлементов. Содержащиеся в листьях голубики стероидные и тритерпеноидные соединения способствуют накоплению W, Mo, Sr, V, Cu и Mn. Mn в высоких дозах совместно со стероидами рекомендован для профилактики и лечения новообразований. Установлен параллелизм между накоплением аскорбиновой кислоты и марганца в растениях. Данный факт характерен и для листьев голубики. Положительная корреляция между содержанием марганца в растениях – манганофилах и накоплением в них дубильных веществ подтверждает это положение. Находясь в составе кроветворного комплекса (Co, Mn, Cu, Fe), кобальт благотворительно влияет на процесс кроветворения. Одновременно содержащиеся в достаточных количествах Zn, Cu и Fe потенцируют действие друг друга: медь необходима для усвоения железа и усиливает действие цинка. Повышенное содержание Zn, Cu и Fe увеличивает их фармакологическую активность и более эффективно при лечении ане-

мии. Содержащиеся в листьях голубики органические действующие вещества не являются сильнодействующими и часто используются для укрепления организма. Поэтому в сочетании с жизненно важными элементами от них можно ожидать хороший терапевтический эффект.

Keywords: chemical elements, mineral substances, leaves, blueberry, Heath family, traditional medicine, medicinal plants, food plants, xenobiotics, West Siberia.

The study of the element composition of plants growing in the regions with extreme climates is a topical issue. The research goal is to examine the qualitative composition and quantitative content of chemical elements in the leaves of blueberries growing under different climatic conditions. The laboratory studies involved domestic and foreign equipment using absorption spectrometry, inversion and voltammetric methods. It has been found that blueberry leaves contain 6 macro-, 53 micro- and ultramicroelements. Steroid and triterpenoid compounds contained in blueberry leaves contribute to the accumulation of W, Mo, Sr, V, Cu and Mn. Manganese in large dosages combined with steroids is recommended in prevention and treatment of tumors. The parallelism between the accumulation of ascorbic acid and manganese in blueberry plants and leaves is found. That is proved by the positive correlation between the plant manganese content and tannin accumulation. Being a part of the hematopoietic complex (Co, Mn, Cu, Fe), cobalt produces a favorable effect on hemopoiesis. The sufficient amounts of Zn, Cu, and Fe potentiate the effect of one another. Copper is required for iron absorption and potentiates the action of zinc. High contents of Zn, Cu and Fe increase their pharmacological activity and that is more effective in anemia treatment. The organic active substances contained in blueberry leaves are not potent ones and are often used as general tonic. In combination with the essential components, they may provide a good therapeutic effect.

Попов Анатолий Иванович, д.фарм.н., проф., каф. естественнонаучного образования, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. E-mail: dun_mail@mail.ru.

Дементьев Юрий Никитович, доцент, и.о. зав. каф. механизации производственных процессов, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. E-mail: dun_mail@mail.ru.

Popov Anatoliy Ivanovich, Dr. Pharm. Sci., Prof., Chair of Natural Sciences, Kemerovo State Agricultural Institute. E-mail: dun_mail@mail.ru.

Dementyev Yuriy Nikitovich, Assoc. Prof., Acting Head, Chair of Production Processes Mechanization, Kemerovo State Agricultural Institute. E-mail: dun_mail@mail.ru.

Введение

Из литературных данных известно, что голубика (*Vaccinium uliginosum* L.) – небольшой ветвистый кустарник из семейства вересковые (Ericaceae Juss.), довольно часто произрастающий в северной и средней полосах России, особенно в Западной и Восточной Сибири, в Саянах до высоты 2200 м над уровнем моря, Дальнем Востоке в сыроватых хвойных и лиственных лесах, на торфяниках, в кустарниковых зарослях и в зарослях кедрового стланика и рододендронов, часто совместно с багульником. Ее листья, побеги и плоды находят разнообразное применение в традиционной медицине и пище. В то же время элементный состав листьев голубики изучен недостаточно [1-4, 8].

В составе живой клетки встречаются почти все те же химические элементы, которые входят в периодическую систему, но кларки большинства из них очень малы. Из 107 элементов периодической системы Д.И. Менделеева в клетках обнаружено более 60. Входящие в состав клетки живого вещества, живых организмов химические элементы делят на три группы: 1-я – основные (важнейшие биогенные) элементы; 2-я – элементы, составляющие десятые и сотые доли процента, или иначе макроэлементы; 3-я – все остальные, присутствующие в еще более малых количествах – микроэлементы [2-4, 8].

В организме обнаружены элементы, содержание которых составляет миллионные и миллиардные доли процента, называются ультрамикроэлементы или «следовыми» [2, 3, 8].

Микро- и ультрамикроэлементы, как и макроэлементы, необходимы для функционирования организма.

Организм является сложной системой, т.е. он представляет собой совокупность взаимодействующих частей. Все, что происходит в одной части организма, в той или иной мере отражается на других частях [1-4].

Живое вещество нуждается в химических элементах или минеральных веществах, причем в неодинаковых количествах.

Минеральные вещества не обладают энергетической ценностью, как, например, белки, жиры и углеводы. Однако без них существование живых организмов невозможно. Минеральные вещества выполняют пластическую функцию в процессах жизнедеятельности ор-

ганизма, участвуют в обмене веществ всех тканей. Они не только формируют ткани, но и усиливают способность организма убивать болезнетворных микробов и паразитов. Минеральные вещества участвуют в важнейших обменных процессах организма: водно-солевом, кислотно-щелочном и др. Многие ферментные процессы в организме невозможны без участия минеральных веществ [2-4, 8].

Основными факторами, определяющими содержание какого-либо химического элемента в растениях, являются: содержание элемента в почве; относительное количество в почвах его форм, усваиваемых растениями; вид растения, фаза развития и распределение элемента по органам; эволюция растений в данных условиях геохимической среды и адаптация к ним [2-13].

Исследованиями ряда авторов показано, что в условиях холодного воздействия резко нарушается микроэлементный электролитный гомеостаз. Метаболическая перестройка в организме при холодовой адаптации настолько существенна, что это указывает на развитие акклиматизационного дефицита микроэлементов. Природно-биогеохимические условия Сибири, являясь экстремальными, предъявляют к организму повышенные требования за достижения адаптивности. Актуальным является установление закономерной корреляции между климатическими и ландшафтно-биогеографическими особенностями отдельных регионов страны, с одной стороны, и распространением ряда морфологических и внутренних изменений организмов – с другой. Следовательно, изучение элементного состава растений, произрастающих в вышеуказанных регионах, является актуальным [2, 8].

Актуальность подтверждается и недостаточностью сведений в доступной нам литературной базе сведений об элементном составе флоры Сибири, который является показателем биохимической обстановки места обитания растений, отражающим естественные геохимические и антропогенные процессы, происходящие в данном регионе. Значительный биологический интерес представляют сведения о космической пыли, химические элементы которой, как неоднократно подчеркивал один из авторов данной работы в своих публикациях в России и за рубежом,

возможно, участвуют в организации живых организмов. Можно предположить, что внедрение сверхчувствительных методов анализа в медицину и биологию решит данный вопрос о роли данной пыли, которая поступает на нашу планету из космоса. Аргументом являются метеориты, которые ежегодно увеличивают массу нашей Земли на 10 тыс. т [2-8].

Работа является продолжением исследований, начатых с 1986 г. одним из авторов, по изучению элементного состава пищевых и лекарственных растений, произрастающих в Кемеровской области и Республике Тыва [5-13].

Цель исследования – определение химических элементов в образцах листьев голубики, собранных в различных климатических условиях во время экспедиций. Визуальных признаков толерантности голубики от избыточных количеств ксенобиотиков не отмечено [8].

Объекты и методы исследований

Качественный состав и количественное содержание химических элементов в листьях голубики определяли в нескольких специализированных лабораториях с помощью абсорбционных спектральных, а также инверсионного вольтамперметрического методов на отечественных и зарубежных приборах, что позволяет расширить спектр определяемых элементов химического состава. Для контроля точности определений применяли метод добавок.

Результаты и их обсуждение

Используя ранее описанные методики [5-13], выявлено 6 макро-, 53 микро- и ультрамикроэлемента, которые на основе длиннопериодного варианта периодической системы элементов Д.И. Менделеева представлены в таблице.

Результаты эксперимента обработаны статистически по известным программам [5-13].

По степени убывания химические элементы могут быть расположены в следующие ряды: макроэлементы – Ca>K>Mg>Si>P>Na, микро- и ультра-микроэлементы – Mn>Br>Fe>Zn>Ba>Sr>B>Rb>V>Al>Ti>>Cu>As>Se>Cr>Ni>Li>Cd>Pb>Cs>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.

Среди микроэлементов больше всего определено Mn, Br, Fe. В концентрации до 100 мкг/г – Al, Zn, Ba, Sr, B, Rb; в пределах от 1 до 10 мкг/г – V, Al, Ti, Cu, As, Se, Cr, Ni, Li; ниже 1 (в пределах 0,1300 – 0,0950 мкг/г) – Cd, Pb, Cs, I, Co, Zr; ниже 0,1 (0,0120 – 0,0990 мкг/г) – Ga, Ce, Ag, Mo, La, W, Bi, Sn, Y, Nd, Sb, Nb; ниже 0,01

(0,0012 – 0,0097 мкг/г) – Hg, Tl, En, Pr, Th, Sm, Hf, Gd, Dy, U, Yb, Ta, Au; ниже 0,001 (в пределах 0,0004-0,0009 мкг/г) – Er, Tb, Ho, Tm, Lu.

Таблица

Содержание в листьях голубики химических элементов на основе длиннопериодного варианта периодической системы элементов, мкг/г

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
Элементы группы I A			
Литий (Li)	1,32	Натрий (Na)	17,7
Калий (K)	4582,0	Рубидий (Rb)	14,8
Цезий (Cs)	0,27		
Элементы группы II A			
Магний (Mg)	3341,0	Калий (K)	9447,0
Стронций (Sr)	19,8	Барий (Ba)	49,5
Элементы группы III B			
Иттрий (Y)	0,017	Лантан (La)	0,029
Лантаноиды			
		Лютеций (Lu)	0,0005
Гадолиний (Gd)	0,0034	Церий (Lu)	0,0005
Тербий (Tb)	0,0008	Неодим (Nd)	0,019
Гольмий (Ho)	0,0007	Эрбий (Er)	0,0009
Тулий (Tm)	0,0006	Иттербий (Yb)	0,0015
Европий (Eu)	0,0056	Празедем (Pr)	0,0056
Диспрозий (Dy)	0,0028	Самарий (Sm)	0,0046
Актиноиды			
Торий (Th)	0,0054	Уран (U)	0,0025
Элементы группы IV B			
Титан (Ti)	6,1	Цирконий (Zr)	0,13
Гафний (Hf)	0,0036		
Элементы группы V B			
Ванадий (V)	9,8	Ниобий (Ni)	0,012
Тантал (Ta)	0,0012		
Элементы группы VI B			
Хром (Cr)	3,87	Молибден (Mo)	0,033
Вольфрам (W)	0,026		
Элементы группы VII B			
Марганец (Mn)	612,0		
Элементы группы VIII B			
Железо (Fe)	114,1	Кобальт (Co)	0,22
Никель (Ni)	1,74		
Элементы группы I A			
Медь (Cu)	5,36	Серебро (Ag)	0,038
Золото (Au)	0,0011		
Элементы группы II A			
Цинк (Zn)	57,1	Кадмий (Cd)	0,95
Ртуть (Hg)	0,0097		
Элементы группы III A			
Бор (B)	19,1	Алюминий (Al)	7,4
Галлий (Ga)	0,099	Таллий (Tl)	0,0069
Элементы группы IV A			
Кремний (Si)	2232,0	Олово (Sn)	0,022
Свинец (Pb)	0,53		
Элементы группы V A			
Висмут (Bi)	0,023	Мышьяк (As)	4,98
Сурьма (Sb)	0,016	Фосфор (P)	948,0
Элементы группы VI A			
Селен (Se)	4,33		
Элементы группы VII A			
Бром (Br)	128,2	Иод (I)	0,23

Больше всего определено Ca, K, Mg, Si, значительно меньше – P, Mn, Br, Fe, Al, Zn, Ba, Sr, B, Rb и наименьших концентрациях – Er, Tb, Ho, Tm, Lu.

Полученные результаты и ранее опубликованные нами и многими авторами данные по определению микроэлементов в лекарственных и пищевых растениях разных химических групп позволяют заключить, что растения различных систематических групп, вырабо-

тавшие в процессе эволюции способность к синтезу определенных биологически активных соединений, несмотря на разные геохимические условия, отличаются в то же время избирательным накоплением одного или нескольких элементов [2-13].

Подобные закономерности, как показывают последние достижения в области биохимии, могут быть связаны со специфическим направлением обмена у отдельных растений. Микроэлементы катализируют в организме растений ферменты, которые участвуют в биогенезе тех или других действующих веществ, отсюда их избирательное накопление растениями. Известно, что лекарственные растения, содержащие различные группы органических биологически активных соединений, обладают избирательной способностью к накоплению определенных микроэлементов, которые, по-видимому, или участвуют в их биосинтезе, или сочетаются с их действием [2, 8]. Микроэлементы не только сами обладают определенным физиологическим действием, но могут также проявлять синергизм по отношению к целому ряду веществ, а поэтому из растений можно получать препараты комбинированного действия [2, 3, 8].

Из литературных данных известно, что основными группами органических биологически активных веществ, обеспечивающих фармакологический эффект листьев голубики, являются тритерпеноиды и стероиды, полифенольные соединения, дубильные вещества, флавоноиды, аскорбиновая кислота, полисахариды и др. [1, 8].

Содержащиеся в листьях голубики стероидные и тритерпеноидные соединения способствуют накоплению W, Mo, Sr, V, Cu и Mn. Mn в высоких дозах совместно со стероидами рекомендован для профилактики и лечения новообразований [3, 4, 8].

Установлен параллелизм между накоплением аскорбиновой кислоты и марганца в растениях. Данный факт характерен и для листьев голубики. Положительная корреляция между содержанием марганца в растениях — манганофилах и накоплением в них дубильных веществ подтверждает это положение [2, 8].

Интересные природные сочетания представляют Cr, Cu и флавоноидов, обладающие P-витаминной активностью [3, 8].

Известно, что характер действия микроэлементов на организм не всегда аналогичен характеру действия органических биологически активных веществ, содержащихся в этих растениях. Так, сырье, содержащее дубильные вещества, накапливают Mn, Cu, Cr, Co. В свою очередь Co, накапливающийся в растениях, активизирует накопление соединений, к числу которых относятся многие алкалоиды,

антраценпроизводные и все фенольные соединения. Находясь в составе кроветворного комплекса (Co, Mn, Cu, Fe), кобальт благотворительно влияет на процесс кроветворения [4, 8].

Одновременно содержащиеся в достаточных количествах Zn, Cu и Fe потенцируют действие друг друга: медь необходима для усвоения железа и усиливает действие цинка. Повышенное содержание Zn, Cu и Fe увеличивает их фармакологическую активность и более эффективно при лечении анемии [3, 4, 8].

Данные, представленные в таблице, позволяют заключить, что листья голубики, как и все живые организмы, содержат минеральные вещества, входящие в состав различных тканей и осуществляющие важнейшие функции, без которых сама жизнь оказалась бы невозможной [2-4].

Многие микроэлементы в течение десятилетий считались безвредными. Однако более прицельное и длительное изучение микроэлементов выявило их потенциальную токсичность. Последняя, как считают отдельные авторы, не всегда объясняется большой дозой химического элемента, а может быть связана с индивидуальной чувствительностью организма. Эта чувствительность может иметь и аллергическую природу. Она также может быть связана с врожденной или приобретенной неполноценностью физиологических аппаратов обезвреживания или специфической элиминации токсического начала.

Таким образом, можно провизорно высказать и относительно других элементов, роль и значение которых в живых организмах изучены еще недостаточно. В растениях содержатся почти все химические элементы периодической системы Д.И. Менделеева. Это весьма наглядно характеризует потенциальную жизнеспособность Земли.

Полученные данные имеют значение для характеристики региональных особенностей накопления химических элементов растениями Сибири.

При рассмотрении взаимодействия неорганических веществ с биологическими элементами клеток и тканей особо следует подчеркнуть возможность прогнозирования продуктов этих взаимодействий с помощью фундаментальных закономерностей.

Выводы

Природные комплексы микроэлементов играют важную роль в физиологических процессах человеческого организма и участвуют в биогенезе действующих веществ растений. Так, содержащиеся в листьях голубики органические действующие вещества не являются сильнодействующими и часто используются для укрепления организма. Поэтому в соче-

тании с жизненно важными элементами от их можно ожидать хороший терапевтический эффект.

Выявленные в листьях голубики элементные комплексы и отдельные элементы хорошо согласуются с описанными в литературе фармакологическими свойствами.

Таким образом, листья голубики, как и другие ее части, несомненно, представляют определенную ценность с точки зрения содержания и не только эссенциальных, но и других мало изученных химических элементов для медицинской и пищевой промышленности.

По мере усовершенствования методов анализа обнаруживаются все новые и новые микро- и ультрамикроэлементы. Необходимо иметь в виду, что некоторые элементы, рассматриваемые в настоящее время лишь как биологически неактивные или даже токсичные, могут оказаться жизненно необходимыми для человека в соответствующих условиях.

Библиографический список

1. Кобзарь А.Я. Фармакогнозия в медицине: навч. посібник. – Киев: Медицина, 2007. – 544 с.
2. Ковальский В.В. Геохимическая экология. – М.: Наука, 1974. – 300 с.
3. Башкірова Л., Руденко А. Біологічна роль деяких есенційних макро- та мікроелементів (огляд) // Ліки України. – 2004. – № 10. – С. 59-65.
4. Wichtl M. Teedrogen und Phytopharmaka: Ein Handbuch für die Praxis auf wissenschaftlicher Grundlage (Gebundene Ausgabe): Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 2002. – 706 s.
5. Попов А.И. Элементный состав травы звіробоя // Фармац. журн. – Киев, 1992. – № 5. – С. 56-59.
6. Попов, А.И. Вміст елементів у корневищах зміїноговика // Фармац. журн. – 1993. – № 2. – С. 59-63.
7. Попов А.И., Попков В.А., Гриценко О.М. Элементный состав лікарської рослинної сировини як показник геохімічної екології рослинних організмів // Фармац. журн. – 1994. – № 4. – С. 91-97.
8. Попов А.И. Изучение влияния антропогенных факторов на элементный состав и ресурсы лекарственных растений Кемеровской области и республики Тыва: дис. ... докт. фарм. наук. – М., 1995. – 945 с.
9. Попов, А.И. Минеральные вещества травы горца птичьего // Вопросы питания. – 1994. – № 1-2. – С. 38-39.
10. Попов А.И. Элементный состав надземной части *Achillea millefolium* L. // Раст. ресурсы. – 1993. – Т. 29. – № 3. – С. 100-105.
11. Попов А.И. Элементный анализ листьев *Polemonium caeruleum* L. // Раст. ресурсы. – 1993. – Т. 29. – № 4. – С. 87-91.
12. Попов А.И. Фронтальный элементный состав кровохлебки лекарственной, произрастающей в Кемеровской области // Фитотерапия. – 1993. – № 1. – С. 20-24.
13. Попов А.И. Элементный состав *Tanacetum vulgare* L. // Раст. ресурсы. – 1994. – Т. 30. – № 3. – С. 85-92.

References

1. Kobzar' A.Ja. Farmakognozija v medycyni: navch. posibnyk. – Kyev: Medycyna, 2007. – 544 s.
2. Koval'skii V.V. Geokhimicheskaya ekologiya. – M.: Nauka, 1974. – 300 s.
3. Bashkirova L., Rudenko A. Biologichna rol' dejakyh esencijnyh makro- ta mikroelementiv (ogljad) // Liky Ukraїny. – 2004. – № 10. – S. 59-65.
4. Wichtl M. Teedrogen und Phytopharmaka: Ein Handbuch für die Praxis auf wissenschaftlicher Grundlage (Gebundene Ausgabe): Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 2002. – 706 s.
5. Popov A.I. Elementnyj sklad travy zviroboju // Farmac. zhurn. (Kyev). – 1992. – № 5. – S. 56-59.
6. Popov A.I. Vmist elementiv u kornevyschah zmijnovyka // Farmac. zhurn. (Kyev). – 1993. – № 2. – S. 59-63.
7. Popov A.I., Popkov V.A., Grycenko O.M. Elementnyj sklad likars'koi roslynnoi syrovyny jak pokaznyk geohimichnoi ekologii roslynnyh organizmiv // Farmac. zhurn. (Kyev). – 1994. – № 4. – S. 91-97.
8. Popov A.I. Izuchenie vliyaniya antropogennykh faktorov na elementnyi sostav i resursy lekarstvennykh rastenii Kemerovskoi oblasti i respubliky Tyva: diss. ... dokt. farm. nauk. – M., 1995. – 945 s.
9. Popov A.I. Mineral'nye veshchestva travy gortsa ptich'ego // Voprosy pitaniya. – 1994. – № 1-2. – S. 38-39.
10. Popov A.I. Elementnyi sostav nadzemnoi chasti *Achillea millefolium* L. // Rast. resursy. – 1993. – Т. 29. – № 3. – С. 100-105.
11. Popov A.I. Elementnyi analiz list'ev *Polemonium caeruleum* L. // Rast. resursy. – 1993. – Т.29. – № 4. – С. 87-91.
12. Popov A.I. Frontal'nyi elementnyi sostav krvokhleбки lekarstvennoi, proizrastayushchei v Kemerovskoi oblasti // Fitoterapiya. – 1993. – № 1. – С. 20-24.
13. Popov A.I. Elementnyi sostav *Tanacetum vulgare* L. // Rast. resursy. – 1994. – Т.30. – № 3. – С. 85-92.

