

УДК 581.192 (571.54)

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ ЯГОДНОЙ (*MALUS BACCATA* (L.) BORKH.) В УСЛОВИЯХ БУРЯТИИ

© 2017 М.В. Баханова¹, Т.П. Анцупова²

¹Бурятский государственный университет

²Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

Статья поступила в редакцию 22.05.2017

В статье приводятся данные по содержанию элементного состава и органических кислот у яблони ягодной в условиях Бурятии из 3 мест произрастания. Почвы из разных мест произрастания яблони ягодной различаются по содержанию элементов. Почвы из окрестности с. Романово содержат значительное количество Са, S, Cl, а из местности Бурлаково - Al, Fe. Образцы почв, взятые в местности Курдюмка, богаты содержанием К. Данные по содержанию почв необходимы для определения степени поглощения элементов растениями. В листьях яблони накапливается больше как макро-, так и микроэлементов, чем в плодах. При этом листья являются концентраторами P, S, Cl, Са. На основании значений коэффициента биологического поглощения установлено, что меньше всего растениями поглощаются Al, Ti, Cr, Mn, Fe, Zr. В плодах яблони ягодной определено содержание сахаров и органических кислот. Установлено, что плоды, собранные с растений Романовской ценопопуляции, отличаются значительным содержанием фруктозы, глюкозы, сахарозы. Наибольшее количество бензойной кислоты выявлено в плодах яблони, собранных в окрестностях с. Курдюмка. В плодах яблони, собранных в Бурятии, не обнаружена винная кислота. Биохимический анализ плодов яблони ягодной показал, что в большинстве мелкоплодных ценопопуляций *M. baccata* массовая доля аскорбиновой кислоты не превышает 0,0012-0,003%. Количество сахаров не могут быть маркерами для яблони ягодной в связи с их низким содержанием в плодах.

Ключевые слова: яблоня ягодная, элементный состав, почва, органические кислоты, сахара

В плодах яблони ягодной (*Malus baccata* (L.) Borkh.) содержатся витамин С, органические кислоты, флавоноиды, немного дубильных веществ, микроэлементы [5, 8]. В народной медицине свежие плоды используют как противогинготное средство. Настой или отвар сушеных и свежих плодов назначают при простудных заболеваниях, как противовоспалительное средство, при заболеваниях легких и малокровии, рекомендуют как общеукрепляющее и регулирующее обмен веществ, средство [6, 7]. Необходимо отметить, что по наличию органических кислот, дубильных веществ и содержанию витаминов плоды дикорастущих яблонь превосходят даже большинство культурных сортов. Обзор литературы показал, что виды рода *Malus* изучены недостаточно, сведения по качеству плодов разрознены и фрагментарны, а в условиях Бурятии подобного рода исследования проводятся впервые. Поэтому проводимые исследования имеют новизну и практическую значимость.

Цель работы: изучение микроэлементного состава в листьях, плодах и в почвах из мест естественного произрастания, а также органических кислот у яблони ягодной, произрастающей в Бурятии.

Баханова Милада Викторовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники. E-mail: milada2015@bk.ru

Анцупова Татьяна Петровна, доктор биологических наук, профессор кафедры «Неорганическая и аналитическая химия». E-mail: antsupova-bot@mail.ru

Материал и методы исследований: В качестве материала для исследования были взяты плоды и листья яблони ягодной в фазу плодоношения из 3 местообитаний на территории Республики Бурятия, а также почвенные образцы, собранные в естественных местах произрастания:

1. Романовская ценопопуляция 52°06'39,9" с.ш., 106°38'00,6" в.д., Кабанский район, низкая терраса р. Селенги.

2. Бурлаковская ценопопуляция 52° 07'36,6" с.ш., 107°20'15,0" в.д., Прибайкальский район, надпойменная терраса (на обочине дороги).

3. Курдюмовская ценопопуляция 52°08'37,5" с.ш., 107°23'42,6" в.д., Прибайкальский район, прирусловая часть поймы р. Селенги.

Качественный состав и количественное содержание элементов определяли в Иркутском институте геохимии СО РАН с помощью рентгенфлуоресцентного анализа. Процедура пробоподготовки заключается в измельчении воздушно – сухого материала до размера частиц менее 100 мкм и прессовании излучателя в виде таблетки из 1 г растения на подложке из борной кислоты. Аналитические линии элементов Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Ba измеряли на спектрометре S4 Pioneer (Bruker AXS, Германия). Результаты исследований являются средними из трех повторностей. Степень накопления элементов растениями определяется коэффициентом биологического поглощения (КБП) или отношение содержания элемента в золе растений к содержанию этого элемента в почве

[3]. Коэффициент биологического поглощения рассчитывали по формуле:

$$\text{КБП} = \text{P}/\text{П},$$

где P – содержание химического элемента в золе растения; П – содержание химического элемента в горной породе или почве, на которой произрастает данное растение.

Сахара и органические кислоты определяли методом капиллярного электрофореза.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов. Как известно, элементный состав растений определяется, в первую очередь, элементным составом почвы. В местах естественного произрастания яблони ягодной в трех ценопопуляциях нами были исследованы почвенные образцы. Полученные данные в дальнейшем используются для вычисления КБП. Результаты исследований по содержанию элементов в почве представлены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание элементов в почве, мг/кг сухой массы

Элемент	Ценопопуляция		
	Бурлаковская	Романовская	Курдюмовская
Al	78680	63020	74620
P	1600	2830	2040
S	740	2190	810
Cl	<50	196	51
K	20770	18520	20890
Ca	21770	34740	19650
Ti	4128	2856	3213
Cr	56	51	55
Mn	750	796	670
Fe	28450	22310	21690
Ni	24	18	19
Cu	21	17	11
Zn	72	93	55
Rb	79	66	71
Sr	388	304	351
Zr	238	122	136
Ba	716	558	619
Pb	19	19	19

Из данных табл. 1 следует, что почвы, взятые из разных мест произрастания яблони ягодной, различаются по содержанию элементов. Почвы из Романовской ценопопуляции содержат значительные количества Ca, S, Cl, из местности Бурлаково – Al, Fe.

Образцы почв, взятые в местности Курдюмка, богаты содержанием K. В ходе проведенных исследований было определено содержание элементов в исследуемых растениях яблони ягодной, результаты которых приведены в табл. 2.

Таблица 2. Содержание элементов в растении, мг/кг сухой массы

Элемент	Ценопопуляция					Кларк- вые значения [1]
	Бурлаковская		Романовская (листья)	Курдюмовская		
	листья	плоды		листья	плоды	
Al	386	46	71	255	53	500
P	2500	1760	3230	1330	1620	-
S	12700	800	1950	1370	890	-
Cl	100	100	100	104	100	-
K	11540	1645	2243	818	1308	-
Ca	40440	5160	9670	36930	4880	-
Ti	18	<3	4	16	3	32,5
Cr	1,7	1,8	1,9	1,7	1,9	1,8
Mn	34	12	55	48	14	205
Fe	447	96	187	254	81	200
Ni	5	1,8	3,6	5,4	2,5	2,0
Cu	5	8	11	3	6	8,0
Zn	19	8	23	11	9	30,0
Rb	3	5	50	8	18	-
Sr	262	34	67	263	33	-
Zr	3,7	<1	<1	4	<1	7,5
Ba	163	27	61	124	29	22,5
Pb	4,8	<2	<2	<2	<2	1,25

Примечание: «-» - кларковые значения отсутствуют

Исходя из данных, представленных в табл. 2, следует, что в листьях яблони ягодной в условиях Бурятии накапливается больше как макро-, так и микроэлементов, чем в плодах. При этом листья из местности Бурлаково накапливают наибольшее количество Al, S, K, Ca, Fe, Ba. Эти результаты можно объяснить с точки зрения повышенного содержания данных элементов в почве, соответственно происходит их накопление в вегетативных органах растений. Листовой материал, собранный в окрестности с. Романово, отличается наибольшим содержанием P. Листья яблони ягодной Курдюмовской и Бурлаковской ценопопуляциях, накапливают больше всего Sr (262-263 мг/г сухой массы).

При сравнении с кларковыми значениями, можно отметить, что в литературных данных имеются сведения не по всем элементам [1]. По нашим результатам содержание Al в листьях и в плодах всех образцов оказалось значительно меньше их кларковых значений, что составляет 386 мг/г сухой массы. Содержание Fe в листьях Бурлаковской и Курдюмовской ценопопуляций составляет 447 мг/г сухой массы, что превышает кларковые значения в 2,2 раза, а в одном образце (с. Романово) - немного ниже указанного. Из числа микроэлементов содержание Cr, Cu, Pb варьирует в пределах указанных

значений, количество Ba и Ni во всех образцах (кроме плодов из с. Бурлаково) превышает таковые, а 4 микроэлемента (Ti, Mn, Zn, Zr) содержатся в гораздо меньших количествах, чем их кларковые значения. Это подтверждает зависимость накопления элементов от условий обитания растений [4].

По КБП в вегетативных и генеративных органах у яблони ягодной нами были получены следующие результаты. Наиболее интенсивно растением поглощаются макроэлементы S, Cl, P: у листьев и плодов яблони ягодной, произрастающей во всех трех ценопопуляциях, показатель КБП по этим элементам оказался почти везде больше 1. Меньше всего листьями и плодами поглощаются Al, Ti, Cr, Mn, Fe, Zr. Листья растений, собранных в окрестностях с. Романово, больше всего из числа микроэлементов накапливают Rb, Cu, что превышает в несколько раз в образцах, собранных с Бурлаковской и Курдюмовской ценопопуляций.

Плоды яблони ягодной были исследованы также на содержание сахаров и органических кислот. Интересно отметить, что в исследуемых образцах аминокислоты содержатся в очень малых количествах. Данные по содержанию сахаров и органических кислот в плодах растений представлены в табл. 3.

Таблица 3. Содержание сахаров и органических кислот в плодах, % к воздушно – сухой массе

Компонент	Ценопопуляция		
	Бурлаковская	Романовская	Курдюмовская
фруктоза	6,717	12,649	7,785
глюкоза	6,367	11,155	7,995
сахароза	7,156	12,649	8,125
щавелевая кислота	0,021	0,012	0,018
фумаровая кислота	0,002	0,003	0,005
яблочная кислота	6,108	7,291	6,126
лимонная кислота	0,095	0,114	0,089
уксусная кислота	0,054	0,055	-
бензойная кислота	0,001	0,006	1,459
сорбиновая кислота	0,007	0,026	0,006
аскорбиновая кислота	0,0012	0,003	0,0012

Примечание: «-» - компонент отсутствует

Исходя из литературных данных, в плодах яблони найдены органические кислоты (до 2,5% — яблочная, лимонная, винная), сахара (до 16% — глюкоза, фруктоза, сахароза), до 28 микроэлементов (медь, цинк, никель, молибден, марганец, кобальт и др.) [2]. По данным В.П. Петровой [4] было установлено, что плоды яблони ягодной накапливают 5,8-8,3% сахаров, а также пектиновые вещества, органические кислоты, витамин С, флавоноиды. Если сравнивать литературные данные с результатами наших исследований, то можно отметить, что в плодах яблони, собранных в Бурятии, не обнаружена винная кислота. Содержание сахаров оказалось гораздо меньше, чем в исследованиях Л.Г. Дудниченко и В.В. Кривенко [2].

Как видно из табл. 3, плоды, собранные в Романовской ценопопуляции, содержат значительно

больше фруктозы, глюкозы, сахарозы. Наибольшее количество бензойной кислоты находится в плодах яблони из ценопопуляции с. Курдюмка. Биохимический анализ плодов яблони ягодной показал, что в большинстве мелкоплодных ценопопуляций M. baccata массовая доля аскорбиновой кислоты не превышает 0,0012-0,003%. Это согласуется с данными Л. Туровой, Э. Сапожниковой [7], которые указывали, что в мелкоплодных яблоках витамина С, как правило, больше.

Выводы:

1. Почвы из окрестности с. Романово содержат значительное количество Ca, S, Cl, а из местности Бурлаково - Al, Fe. Образцы почв, взятые в местности Курдюмка, богаты содержанием K.

2. В листьях яблони накапливается больше как макро-, так и микроэлементов, чем в плодах. При

этом листья являются концентраторами P, S, Cl, Ca. На основании значений КБП установлено, что меньше всего растениями поглощаются Al, Ti, Cr, Mn, Fe, Zr.

3. Установлено, что плоды, собранные с растений Романовской ценопопуляции, отличаются значительным содержанием фруктозы, глюкозы, сахарозы.

4. Наибольшее количество бензойной кислоты выявлено в плодах яблони, собранных в окрестностях с. Курдюмка.

5. В плодах яблони, собранных в Бурятии, не обнаружена винная кислота.

6. Биохимический анализ плодов яблони ягодной показал, что в большинстве мелкоплодных ценопопуляций массовая доля аскорбиновой кислоты не превышает 0,0012 – 0,003 %.

7. Количество сахаров не могут быть маркерами для яблони ягодной в связи с их низким содержанием в плодах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Добровольский, В.В. Основы биохимии. – М.: Издат. центр «Академия», 2003. 400 с.
2. Дудниченко, Л.Г. Плодовые и ягодные растения-целители / Л.Г. Дудниченко, В.В. Кривенко. – Киев: Наукова Думка, 1987. 112 с.
3. Ловкова, М.Я. Почему растения лечат / М.Я. Ловкова, А.М. Рабинович, С.М. Пономарева и др. – М.: Наука, 1989. 256 с.
4. Петрова, В.П. Биохимия дикорастущих плодово-ягодных растений. – Киев: «Вища школа», 1986. 286 с.
5. Савельев, Н.И. Биохимический состав и антиоксидантная активность плодов яблони / Н.И. Савельев, А.Н. Юшков, М.Ю. Акимов и др. // Вестник МичГАУ. 2010. №2. С. 12-15.
6. Телятьев, В.В. Полезные растения Восточной Сибири. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1985. 384 с.
7. Турова, А. О пользе яблок / А. Турова, Э. Сапожникова // Наука и жизнь. 1988. № 8. С. 64-67.
8. Шретер, А.И. Лекарственная флора советского Дальнего Востока. – М.: Медицина, 1975. 328 с.

**THE CHEMICAL COMPOSITION OF APPLE BERRY FRUITS
(MALUS BACCATA (L.) BORKH.) IN THE CONDITIONS OF BURYATIA**

© 2017 M.V. Bakhanova¹, T.P. Antsupova²

¹Buryat State University, Ulan-Ude

²West Siberian State University for Technologies and Management

The article contains data on the content of elemental composition and organic acids in apple berry in the conditions of Buryatia from 3 places of growth. Soils from different places of apple berry growing differ in the content of the elements. Soils from the vicinity of the Romanovo village contain a significant amount of Ca, S, Cl, and from the Burlakovo - Al, Fe. Samples of soils taken in the Kurdyumka area are rich in K. The soil content data are necessary for determining the degree of absorption of elements by plants. In apple tree leaves, more macro and trace elements are accumulated than in fruits. In this case, the leaves are concentrators P, S, Cl, Ca. Based on the values of the coefficient of biological absorption, it is established that Al, Ti, Cr, Mn, Fe, Zr are absorbed least by plants. In the fruit of apple berry the content of sugars and organic acids is determined. It is established that the fruits, collected from the plants of the Romanovo cenopopulation are distinguished by a significant content of fructose, glucose, sucrose. The greatest amount of benzoic acid was found in apple fruits collected in the vicinity of Kurdyumka village. In the fruits of apple trees harvested in Buryatia, tartaric acid is not found. Biochemical analysis of fruits of apple berry showed that in most small-bodied coenopopulations *M. baccata* the mass fraction of ascorbic acid does not exceed 0,0012 – 0,003%. The quantity of sugars cannot be markers for apple berry because of their low content in fruits.

Key words: *apple berry, element composition, soil, organic acids, sugars*

Milada Bakhanova, Candidate of Biology, Associate Professor at the Botany Department. E-mail: milada2015@bk.ru
Tatiana Antsupova, Doctor of Biology, Professor at the Department "Inorganic and Analytical Chemistry". E-mail: antsupova-bot@mail.ru