

УДК 581.192 (571.54)

## ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ У ЯБЛОНИ ЯГОДНОЙ (*MALUS BACCATA* (L.) BORKH.) В УСЛОВИЯХ БУРЯТИИ

© М.В. Баханова<sup>1\*</sup>, Т.П. Анцупова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Бурятский государственный университет, кафедра ботаники,  
ул. Смолина, 24, Улан-Удэ, Республика Бурятия, 670000 (Россия)

<sup>2</sup>Восточно-Сибирский государственный университет технологий  
и управления, ул. Ключевская, 40В, ст. 1, Улан-Удэ, Республика Бурятия,  
670013 (Россия)

В статье приводятся данные по содержанию элементного состава и органических кислот у яблони ягодной в условиях Бурятии из трех 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, K, Fe. Образцы почв, взятые в местности Курдюмка, богаты содержанием К. Листья являются концентраторами P, S, Cl, Ca. На основании значений коэффициента биологического поглощения установлено, что меньше всего растениями поглощаются Al, Ti, Cr, Mn, Fe, Zr. Установлено, что плоды, собранные с растений романовской ценопопуляции, отличаются значительным содержанием фруктозы, глюкозы, сахарозы, что, по-видимому, объясняется повышенной солнечной инсоляцией и температурой воздуха в данном местообитании. Наибольшее количество бензойной кислоты выявлено в плодах яблони, собранных в окрестностях с. Курдюмка. В плодах яблони, собранных в Бурятии, не обнаружена винная кислота.

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

### Введение

Яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh.) широко распространена в лесостепной зоне юга Бурятии. Она является ценным пищевым и лечебным плодовым растением, требуется постоянная работа по сохранению и улучшению ее ассортимента, особенно в резко континентальных условиях нашего региона. Вкусовые качества и пищевая ценность яблок зависят от содержания в них сахаров, органических кислот, полифенолов и других веществ. Яблоня ягодная популярна в народной медицине, где ее свежие плоды используют как противогинготное средство. Настой или отвар сушеных и свежих плодов назначают при простудных заболеваниях, как противохолерадное средство, при заболеваниях легких и малокровии, рекомендуют как общеукрепляющее и регулирующее обмен веществ средство [6, 7]. В плодах яблони ягодной содержатся витамин С, органические кислоты, флавоноиды, немного дубильных веществ, микроэлементы [5, 8]. По наличию органических кислот, дубильных веществ и содержанию витаминов плоды дикорастущих яблонь превосходят даже большинство культурных сортов. Обзор литературы показал, что виды рода *Malus* и состояние почв в данных ценопопуляциях изучены недостаточно, сведения по качеству плодов разрознены и фрагментарны, а в условиях Бурятии подобного рода исследования проводятся впервые. Необходимо отметить, что данные по содержанию почв необходимы для определения степени поглощения

Баханова Милада Викторовна – доцент кафедры ботаники,  
кандидат биологических наук, e-mail: milada2015@bk.ru  
Анцупова Татьяна Петровна – профессор кафедры  
неорганической и аналитической химии, доктор  
биологических наук, e-mail: antsupova-bot@mail.ru

элементов растениями (коэффициент биологического поглощения). Поэтому проводимые исследования имеют новизну и практическую значимость для селекции и интродукции яблони.

\* Автор, с которым следует вести переписку.

Цель работы – изучение микроэлементного состава, содержания органических кислот и сахаров в листьях и плодах яблони ягодной, произрастающей в Бурятии.

### **Экспериментальная часть**

В качестве материала для исследования были взяты плоды и листья яблони ягодной в фазу плодоношения из трех 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 (накопления), т.е. отношением содержания элемента в золе растений к содержанию этого элемента в почве [3]. Коэффициент биологического поглощения (КБП) рассчитывали по формуле:

$$\text{КБП} = \text{P}/\text{П},$$

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

Сахара и органические кислоты определяли методом капиллярного электрофореза.

### **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 коэффициента биологического поглощения. Результаты исследований по содержанию элементов в почве представлены в таблице 1.

Из данных таблицы 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, K, 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 таблице 2.

Исходя из данных, представленных в таблице 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 окрестностях с. Романово, отличается наибольшим содержанием P. Листья яблони ягодной Курдюмовской и Бурлаковской ценопопуляций 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, максимум содержания составил 386 мг/г сухой массы. Содержание Fe в листьях Бурлаковской ценопопуляции составляет 447 мг/г сухой массы, что пре-

вышает 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 полученным коэффициентам биологического поглощения 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 значительно превышает их содержание в образцах, собранных с Бурлаковской и Курдюмовской ценопопуляций.

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

Элемент	Ценопопуляция		
	Бурлаковская	Романовская	Курдюмовская
Al	<b>78680</b> ±543	63020± 425	74620± 520
P	1600± 18	2830± 30	2040± 2
S	740± 10	<b>2190</b> ± 27	810± 13
Cl	<50± 1	<b>196</b> ± 4	51± 2
K	20770± 243	18520± 474	<b>20890</b> ± 179
Ca	21770± 394	<b>34740</b> ± 344	19650± 451
Ti	4128± 41	2856± 33	3213± 34
Cr	56± 3	51± 3	55± 3
Mn	750± 11	796± 13	670± 10
Fe	<b>28450</b> ± 694	22310± 543	21690± 520
Ni	24± 2	18± 1	19± 1
Cu	21± 2	17± 1	11± 1
Zn	72± 2	93± 3	55± 1
Rb	79± 3	66± 3	71± 3
Sr	388± 6	304± 6	351± 6
Zr	238± 5	122± 2	136± 3
Ba	716± 13	558± 10	619± 13
Pb	19± 1	19± 1	19± 1

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

Элемент	Ценопопуляция					Кларковые значения [1]
	Бурлаковская		Романовская (листья)	Курдюмовская		
	листья	плоды		листья	плоды	
Al	<b>386</b> ±9	46±2	71±2	255±5	53±2	500
P	2500±24	1760±15	<b>3230</b> ±27	1330±16	1620±16	–
S	<b>12700</b> ±260	800±13	1950±17	1370±16	890±13	–
Cl	100±2	100±2	100±3	104±3	100±2	–
K	<b>11540</b> ±260	1645±34	2243±22	818±13	1308±14	–
Ca	<b>40440</b> ±694	5160±3,00	9670±260	36930±84	4880±43	–
Ti	18±1	3,02±0,02	4,03±0,17	16±1	3,02±0,12	32,5
Cr	1,73±0,08	1,81±0,07	1,91±0,11	1,72±0,13	1,91±1,13	1,8
Mn	34±2	12,11±0,49	55±2	48±2	14,01±0,49	205
Fe	<b>447</b> ±7	96±2	187±4	<b>254</b> ±7	81±3	200
Ni	5,65±0,22	1,85±0,06	3,64±0,12	5,43±0,22	2,51±0,13	2,0
Cu	5,03±0,20	8,13±0,25	11,22±0,49	3,04±0,12	6,08±0,24	8,0
Zn	19±1	8,02±0,25	23±1	11,34±0,15	9,35±0,27	30,0
Rb	3,51±0,12	5,31±0,23	50±2	8,01±0,23	18±1	–
Sr	<b>262</b> ±7	34±1	67±3	<b>263</b> ±4	33±1	–
Zr	3,72±0,11	<1,44±0,02	<1,36±0,01	4,06±0,18	<1,23±0,02	7,5
Ba	<b>163</b> ±4	27±1	61±2	124±3	29±1	22,5
Pb	4,81±0,22	<2,07±0,02	<2,21±0,01	<2,15±0,01	<2,27±0,02	1,25

Примечание: «-» – кларковые значения отсутствуют.

Плоды яблони ягодной были исследованы также на содержание сахаров и органических кислот. Интересно отметить, что в исследуемых образцах аминокислоты содержатся в очень малых количествах.

В таблице 3 представлены результаты определения сахаров и органических кислот в плодах, средние из 5 проб при  $P \leq 0,05$ .

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 в сумме 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. Наибольшее содержание сахаров варьировало в пределах 11,1–12,6%, что значительно меньше, чем в исследованиях Л.Г. Дудниченко и В.В. Кривенко, в работах которых указано до 16% глюкозы, фруктозы, сахарозы [2].

Как следует из представленной таблицы 3, плоды, собранные в Романовской ценопопуляции, содержат значительно больше фруктозы, глюкозы, сахарозы. По нашему мнению, данный интересный факт можно объяснить с точки зрения наблюдающейся прямой зависимости от места и районов произрастания яблони. Так, в плодах растений, произрастающих в более теплых южных ценопопуляциях, где больше солнечных лучей и выше температура воздуха, содержание сахаров выше, чем в плодах тех же форм яблони ягодной, но произрастающих в более северных ценопопуляциях. Наибольшее количество бензойной кислоты находится в плодах яблони из ценопопуляции с. Курдюмка.

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

Компонент	Ценопопуляция		
	Бурлаковская	Романовская	Курдюмовская
Фруктоза	6,717±0,056	<b>12,649±0,089</b>	7,785±0,019
Глюкоза	6,367±0,049	<b>11,155±0,055</b>	7,995±0,002
Сахароза	7,156±0,009	<b>12,649±0,023</b>	8,125±0,032
Щавелевая кислота	0,0212±0,0001	0,0124±0,0002	0,0184±0,0001
Фумаровая кислота	0,00223±0,00001	0,00363±0,00002	0,0052±0,0001
Яблочная кислота	6,108±0,041	7,291±0,051	6,126±0,014
Лимонная кислота	0,0952±0,0001	0,114±0,001	0,0892±0,0003
Уксусная кислота	0,0546±0,0002	0,0552±0,0003	–
Бензойная кислота	0,00176±0,00001	0,0064±0,0001	<b>1,459±0,008</b>
Сорбиновая кислота	0,00734±0,00002	0,0267±0,0001	0,0063±0,0001
Аскорбиновая кислота	0,00127±0,00001	0,00342±0,00002	0,00125±0,00001

Примечание: «–» – компонент отсутствует.

### Выводы

1. Почвы из окрестности с. Романово содержат значительное количество Са, S, Cl, а из местности Бурлаково – Al, K, 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, что, по-видимому, можно объяснить повышенной солнечной инсоляцией и температурой воздуха в данном местообитании.

4. Наибольшее количество бензойной кислоты выявлено в плодах яблони, собранных в окрестностях с. Курдюмка. В плодах яблони, собранных в Бурятии, не обнаружена винная кислота.

### Список литературы

1. Добровольский В.В. Основы биохимии. М., 2003. 400 с.
2. Дудниченко Л.Г., Кривенко В.В. Плодовые и ягодные растения-целители. Киев, 1987. 112 с.
3. Ловкова М.Я., Рабинович А.М., Пономарева С.М. и др. Почему растения лечат. М., 1989. 256 с.
4. Петрова В.П. Биохимия дикорастущих плодово-ягодных растений. Киев, 1986. 286 с.

5. Савельев Н.И., Юшков А.Н., Акимов М.Ю., Борзых Н.В., Миронов А.М., Хожайнов А.В. Биохимический состав и антиоксидантная активность плодов яблони // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2010. №2. С. 12–15.
6. Телятьев В.В. Полезные растения Восточной Сибири. Иркутск, 1985. 384 с.
7. Турова А., Сапожникова Э. О пользе яблок // Наука и жизнь. 1988. №8. С. 64–67.
8. Шретер А.И. Лекарственная флора советского Дальнего Востока. М., 1975. 328 с.

Поступило в редакцию 30 марта 2017 г.

После переработки 12 ноября 2017 г.

*Bahanova M.V.<sup>1\*</sup>, Antsupova T.P.<sup>2</sup>* PECULIARITIES OF ELEMENTAL COMPOSITION AND CONTENT OF ORGANIC ACIDS IN APPLE BERRY (*MALUS BACCATA* (L.) BORKH.) IN THE CONDITIONS OF BURYATIA

<sup>1</sup>Buriat State University, Smolina st., 24, Ulan-Ude, Republic of Buryatia, 670000 (Russia), e-mail: milada2015@bk.ru

<sup>2</sup>East-Siberian State University of Technology and Management, Klyuchevskaya st., 40V-1, Ulan-Ude, 670013, Republic of Buryatia (Russia)

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 Romanovo contain a significant amount of Ca, S, Cl, and from Burlakovo – Al, K, Fe. Samples of soils taken in the Kurdyumka area are rich in K. 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. It is established that the fruits collected from the plants of the Roman cenopopulation differ in a significant content of fructose, glucose, sucrose, which, apparently, is due to increased solar insolation and air temperature in this habitat. The greatest amount of benzoic acid is found in apple fruits harvested in the vicinity of the village. The Kurdyumka in the fruits of apple trees harvested in Buryatia, tartaric acid is not found.

*Keywords:* apple berry, element composition, soil, organic acids, sugars.

### References

1. Dobrovol'skii V.V. *Osnovy biokhimii*. [Fundamentals of Biochemistry]. Moscow, 2003, 400 p. (in Russ.).
2. Dudnichenko L.G., Krivenko V.V. *Plodovye i iagodnye rasteniia-tseliteli*. [Fruit and berry healing plants]. Kiev, 1987, 112 p. (in Russ.).
3. Lovkova M.Ia., Rabinovich A.M., Ponomareva S.M. i dr. *Pochemu rasteniia lechat*. [Why plants are being treated]. Moscow, 1989, 256 p. (in Russ.).
4. Petrova V.P. *Biokhimiia dikorastushchikh plodovo-iagodnykh rastenii*. [Biochemistry of wild-growing fruit and berry plants]. Kiev, 1986. 286 с. (in Russ.).
5. Savel'ev N.I., Iushkov A.N., Akimov M.Iu., Borzykh N.V., Mironov A.M., Khozhainov A.V. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010, no. 2, pp. 12–15. (in Russ.).
6. Teliat'ev V.V. *Poleznye rasteniia Vostochnoi Sibiri*. [Useful plants of Eastern Siberia]. Irkutsk, 1985, 384 p. (in Russ.).
7. Turova A., Sapozhnikova E. *Nauka i zhizn'*, 1988, no. 8, pp. 64–67. (in Russ.).
8. Shreter A.I. *Lekarstvennaia flora sovetskogo Dal'nego Vostoka*. [Medicinal flora of the Soviet Far East]. Moscow, 1975, 328 p. (in Russ.).

Received March 30, 2017

Revised November 12, 2017

---

\* Corresponding author.

