



УДК 634.722:631.527:631.521

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПЛОДОВ И СЕМЯН СМОРОДИНЫ КРАСНОЙ

Л.А. ТОХТАРЬ
В.Н. СОРОКОПУДОВ
Д.А. КОЛЕСНИКОВ

*Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет*

*e-mail: ltokhtar@bsu.edu.ru,
sorokopudov@bsu.edu.ru*

Методом энергодисперсионного анализа проведено изучение элементарного состава плодов и семян пяти сортов красной смородины. В их составе обнаружено 16 химических элементов. Большая часть элементного состава приходится на кислород и углерод. Кроме них обнаружены также в различных весовых долях натрий, магний, алюминий кремний, фосфор, сера, хлор, калий, кальций, хром, железо, никель, медь.

Ключевые слова: красная смородина, элементный состав, энергодисперсионный анализ.

Введение.

Изучение элементного состава растений необходимо для более полной характеристики распределения химических элементов в природных и антропогенных ландшафтах, поскольку растения являются важнейшим звеном биологического круговорота веществ [1, 2, 3]. В настоящее время в растениях обнаружено более 70 химических элементов. Основную массу растительного организма (около 90-95% сухого вещества) составляют три элемента, ассимилированных в ходе фотосинтеза: углерод, кислород и водород. На долю остальных 5-10% сухих веществ приходятся минеральные элементы: азот, фосфор, кальций, калий, магний, сера, кремний, железо, натрий, хлор, алюминий [3]. В результате спектрального анализа золы различных плодовых растений установлено, что в ней содержится от 17 до 24 микро- и макроэлементов. Из макроэлементов плоды различных растений содержат фосфор, натрий, кремний, алюминий, магний, кальций, железо и калий. В среднем, в плодах дикорастущих плодовых, содержится: алюминия – 1,7-9,6 мг%, натрия – 4,7-28,5 мг%, железа – 8,0-32,6 мг%, кремния – 43,0-84,5 мг%, магния – 16,3-31,1 мг%, кальция – 80-326 мг%, калия – 200-460 мг% на сырое вещество. Качественный состав и количественное содержание отдельных элементов в плодах различны, что объясняется как биологическими особенностями видов растений, так и возможной неравномерностью в структуре почв, на которых они произрастают [4].

Целью нашего исследования было изучение элементного состава плодов и семян красной смородины и выявление локализации химических элементов в их различных частях.

Объекты и методы исследований.

Проведено изучение элементного состава плодов и семян пяти сортов красной смородины различного генетического происхождения. При этом отдельно анализировали кожицу и мякоть плодов, семенную кожуру и эндосперм семян. Исследование проведено методом энергодисперсионного анализа на электронном ионно-растровом сканирующем микроскопе «Quanta 200 3D». Система энергодисперсионного микроанализа предназначена для спектрального анализа характеристического вторичного излучения в растровом электронном микроскопе. Кванты излучаются атомами вещества при релаксации после возбуждения первичными электронами луча. Энергия кванта равна разности энергии между оболочками, на которых происходят переходы. Т. к. энергии электронных уровней квантованы и строго определены для каждого элемента таблицы Менделеева, то по всякому вторичному спектру можно с достаточной степенью точности определить набор элементов, составляющих исследуемый образец и образовавших этот спектр. По интенсивности линии спектра можно определить концентрацию соответствующего элемента [5]. Используемый метод позволяет выявить особенности распределения элементов в различных частях растений. Полученные результаты дают представление о содержании того или иного элемента в весовых процентах (Wt%) от общего количества элементов в данной точке образца (100Wt%).



Результаты и их обсуждение.

Анализ плодов красной смородины показал, что основная часть их элементного состава приходится на углерод и кислород (табл. 1). Кроме этих двух основных элементов в плодах содержатся в разных весовых процентах: натрий, магний, алюминий, кремний, фосфор, сера, хлор, калий, кальций, хром, железо, никель, медь.

Таблица 1

Элементный состав плодов красной смородины, Wt %

Элемент	Кожица плода					Мякоть плода				
	1*	2	3	4	5	1	2	3	4	5
C	66,43	64,97	74,23	55,98	74,05	45,94	45,68	46,51	45,71	48,71
O	32,29	30,78	23,98	30,76	21,34	49,82	51,73	50,38	51,76	47,71
Na	-	0,08	-	-	-	-	0,02	0,11	-	-
Mg	0,05	0,07	0,01	0,09	-	0,06	0,10	0,05	0,11	0,14
Al	-	0,03	-	-	3,57	-	0,04	0,03	-	0,91
Si	0,08	0,06	0,05	0,11	0,20	0,06	0,07	0,07	0,09	0,10
P	0,07	0,14	0,04	0,48	-	0,24	0,15	0,09	0,10	0,12
S	0,04	0,02	0,01	0,06	0,07	0,08	0,03	0,04	0,07	0,05
Cl	0,04	0,02	-	0,07	-	0,06	0,04	0,12	0,05	0,11
K	0,28	0,50	0,11	0,96	0,16	1,35	1,15	0,92	0,69	1,60
Ca	0,11	0,21	0,08	0,48	0,21	0,07	0,07	0,20	0,16	0,29
Cr	0,08	0,54	0,29	1,54	-	0,47	0,17	0,26	0,11	-
Fe	0,42	1,70	0,74	5,21	-	1,57	0,55	0,77	0,39	-
Ni	0,10	0,87	0,47	4,27	-	0,29	0,20	0,45	0,82	-
Cu	-	-	-	-	0,39	-	-	-	-	0,25
итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*Сорт: 1 – Йонкер Ван Тетс; 2 – Белка; 3 – Натали; 4 – Осиповская; 5 – Виксне.

В кожице плодов на долю двух основных элементов – кислорода и углерода – приходилось от 86,74 до 98,72 Wt%. Доля остальных элементов составляла от 1,28 до 13,26 Wt%. В кожице плодов всех изученных сортов содержались кремний (0,05-0,11 Wt%), сера (0,01-0,07), калий (0,11-0,96) и кальций (0,08-0,48 Wt%). У большинства сортов в кожице плодов также определено содержание магния (0,01-0,09 Wt%), фосфора (0,04-0,48), хрома (0,08-1,54), железа (0,42-5,21) и никеля (0,10-4,27 Wt%).

В составе плодов и семян смородины сорта Виксне установлено содержание меди (от 0,25 до 0,47 Wt%). Известно, что медь комплексируется с различными фенольными соединениями, существуют комплексы меди с антоцианами. У всех «богатых» антоцианами плодов отмечается повышенное содержание меди (Петрова, 1986). Сорт Виксне является «лидером» по содержанию антоцианов среди изученных нами сортов красной смородины.

В мякоти плодов весовая доля кислорода и углерода составляла от 95,76 до 97,47 Wt%. Содержание остальных элементов составило от 2,53 до 4,24 Wt%. При этом доля магния составляла от 0,05 до 0,14 Wt%, фосфора от 0,09 до 0,24 Wt%, калия от 0,92 до 1,60 Wt%, кальция от 0,07 до 0,29 Wt%, кремния от 0,06 до 0,10 Wt%. В составе мякоти плодов обнаружены также натрий, алюминий, сера, хлор, хром, железо и никель.

Весовой процент содержания калия в мякоти плодов красной смородины существенно выше (0,69-1,60 Wt%) чем в их кожуре (0,11-0,96 Wt%), и семенах (0,03-1,08 Wt%) (табл. 1). Известно, что калий регулирует транспорт углерода в растительном организме, в результате чего при созревании увеличивается количество сахаров в плодах [6].

Кальций входит в структуру и необходим для поддержания функциональной целостности мембран клетки, от его количества во многом зависит водоудерживающая способность протоплазмы [4]. Именно благодаря тому, что кальций участвует в построении ткани клетки, содержание его наиболее высокое из всех элементов (кроме кислорода и углерода). В наших исследованиях в различных частях плодов и семян красной смородины на долю кальция приходилось от 0,03 до 3,05 Wt%.

В ходе изучения анатомического строения семян красной смородины на внутренней поверхности семенной кожуры обнаружены кристаллы оксалата кальция (рис.). В результате проведенного анализа элементного состава семенной кожуры установлено, что на долю кальция здесь приходится до 3,05 Wt% (табл. 2), что существенно выше, чем в остальных частях плодов красной смородины.

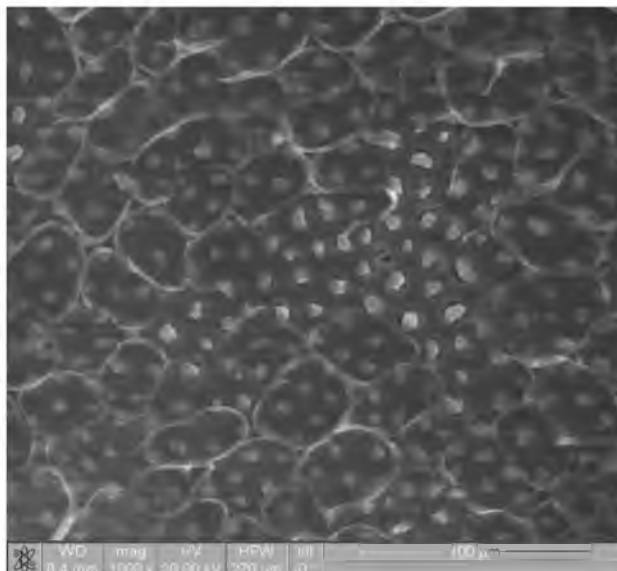


Рис. Монокристаллы оксалата кальция на внутренней поверхности семенной кожуры красной смородины (x1000)

В составе семенной кожуры красной смородины сорта Белка удалось обнаружить небольшое содержание титана – 0,06 Wt%. Из литературных данных известно [2, 4], что титан – сильный восстановитель, потому предполагают, что он играет определенную роль в фотосинтезе и возможно в фиксации атмосферного азота. Однако пока отсутствуют доказательства того, что титан является незаменимым для растений элементом, при этом среди растений имеются концентраторы титана. Среди дикорастущих плодовых растений самый высокий уровень этого элемента содержится в плодах аронии (0,05%), барбарисе обыкновенном и Тунберга, бузине черной, шефердии серебристой (в пределах 0,02%).

Таблица 2

Элементный состав семян красной смородины, Wt %

Элемент	Семенная кожура					Эндосперм				
	1*	2	3	4	5	1	2	3	4	5
C	67,75	69,72	64,10	67,12	60,86	65,75	69,37	65,85	67,79	69,58
O	20,67	22,71	32,55	29,14	34,62	23,63	25,41	32,17	28,15	27,57
Na	-	0,25	0,14	-	-	-	0,09	0,11	-	-
Mg	0,03	0,08	0,07	0,08	0,06	0,07	0,09	0,06	0,16	0,21
Al	-	0,07	0,01	-	2,99	-	0,04	-	-	0,32
Si	0,13	0,23	0,08	0,07	0,08	0,13	0,23	0,07	0,06	0,08
P	0,12	0,07	0,11	0,30	0,02	0,20	0,18	0,18	0,81	0,35
S	0,13	0,12	0,11	0,16	0,08	0,15	0,14	0,04	0,36	0,15
Cl	-	0,22	-	-	0,05	-	0,01	-	-	-
K	0,31	0,91	0,37	1,08	0,25	0,23	0,03	0,17	0,82	0,45
Ca	0,25	0,52	0,78	1,12	0,64	0,21	0,44	0,22	0,45	0,15
Cr	2,90	1,35	0,33	0,22	-	2,66	0,99	0,18	0,35	0,20
Ti	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	5,68	2,72	0,73	0,47	-	5,00	1,92	0,49	0,66	0,23
Ni	2,03	0,97	0,60	0,23	-	4,98	0,81	0,46	0,37	0,24
Cu	-	-	-	-	0,35	-	-	-	-	0,47
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*Сорт: 1 – Йонкер Ван Тетс; 2 – Белка; 3 – Натали; 4 – Осиповская; 5 – Виксне.



Во всех частях плодов четырех сортов красной смородины (Йонкер ван Тетс, Белка, Натали, Осиповская) обнаружено содержание хрома. Наибольший весовой процент его обнаружен в кожуре семян (до 2,9 Wt%). Обмен хрома в растительных организмах изучен пока недостаточно. При изучении содержания хрома в плодах некоторых видов боярышника отмечено существенное колебание его содержания в зависимости от вида: в то время как в золе плодов большинства видов боярышников содержалось около 0,001% хрома, в подах боярышника Максимовича содержание хрома составляло 0,02%, а в плодах боярышника Псевдоазароль хрома не выявлено [4].

Магний, как известно, является обязательной составной частью хлорофилла. Он участвует в превращении углеводов благодаря способности активировать соответствующие ферменты, усиливает синтез витаминов А и С. При созревании плодов содержание магния в их мякоти неуклонно снижается [3, 4]. Проведенный элементный анализ различных частей плодов красной смородины показал, что наибольший весовой процент магния содержится в эндосперме семян (0,06-0,21 Wt%) и мякоти плодов (0,06-0,14 Wt%).

Во всех частях плодов и семян красной смородины содержится железо (от 0,23 до 5,68 Wt%). Его наибольший весовой процент определен в плодах и семенах сортов Йокер Ван Тетс, Белка и Осиповская. Известно, что железо входит в состав каталитических центров многих окислительно-восстановительных ферментов, в том числе каталазы и пероксидазы. При этом в процессе формирования плодов происходит постепенное увеличение содержания в них железа, и только в зрелых плодах наблюдается некоторое снижение его содержания [4].

Заключение.

Элементный анализ плодов и семян красной смородины позволил впервые выявить в их составе 16 химических элементов: кислород, углерод, натрий, магний, алюминий, кремний, фосфор, серу, хлор, калий, кальций, хром, железо, никель, медь, титан. Различные части плодов и семян отличаются по процентному содержанию отдельных химических элементов в них.

Литература

1. Ковальский, В.В. Биогеохимические провинции СССР и методы их изучения / В.В. Ковальский // Тр. Биогеохимической лаб. АН СССР, 1960. – № 11. – С. 8.
2. Добровольский, В.В. Основы биогеохимии / В.В. Добровольский. – М.: Высш. шк., 1998. – 413 с.
3. Протасова, В.А. Химические элементы в жизни растений / В.А. Протасова // Соросовский образовательный журнал. – 2009. – Т.7. – С. 12-17.
4. Петрова, В.П. Биохимия дикорастущих плодово-ягодных растений / В.П. Петрова. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 287 с.
5. Энгель, Л. Растровая электронная микроскопия: справочник / Л. Энгель, Г. Клингель. – М.: Металлургия, 1986. – 200 с.
6. Болгова, И.В. Таблица Менделеева в живых организмах / И.В. Болгова, И.А. Шапошникова, Р.А. Фандо // Общая биология. – 2008. – № 3. – С. 21-28.

ELEMENT STRUCTURE OF FRUITS AND SEEDS OF THE RED CURRANT

L.A. TOKHTAR
V.N. SOROKOPUDOV
D.A. KOLESNIKOV

Belgorod National Research University

*e-mail: ltokhtar@bsu.edu.ru,
sorokopudov@bsu.edu.ru*

The method the analysis shows the study of elementary structure of fruits and seeds of five grades of a red currant. In their structure 16 chemical elements are revealed. The Most part of element structure is necessary on oxygen and carbon. Except for them sodium, magnesium, aluminium silicon, phosphorus, sulfur, chlorine, kalium, calcium, chrome, iron, nickel, copper are detected also in various weight fractions.

Key words: a red currant, element structure, the analysis.