

ПЛОДЫ *CYDONIA OBLONGA* В УСЛОВИЯХ ВЫСОТНОЙ ПОЯСНОСТИ

Т.В. Иванова¹, А.С. Воронков^{1,2}, Т.Х. Кумахова³, Э.И. Кузнецова¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук, Москва, Россия, itv_2006@mail.ru

²Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Государственный гуманитарно-технологический университет», Орехово-Зуево, Россия, voronkov_as@mail.ru

³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия, tkumachova@yandex.ru

Аннотация. Проведены гистохимические и биохимические исследования плодов *Cydonia oblonga* Mill., произрастающих в предгорной (500 м) и лесогорной (700 м) зонах Северного Кавказа. Обнаружены различия в толщине и характере распределения кутикулы, а также составе жирных кислот суммарных липидов наружных слоев плодов *C. oblonga*. Эти особенности, вероятно, являются одними из основных адаптационных механизмов к условиям высотной поясности.

Ключевые слова: кутикула, жирные кислоты, высотная поясность, *Cydonia oblonga*

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-375-379

В ходе эволюции покрытосеменные растения выработали многочисленные механизмы адаптации к различным факторам окружающей среды, которые обеспечивают их благополучное распространение во многих климатических зонах. К настоящему времени в изучении физиолого-биохимических механизмов адаптации растений к макроэкологическим условиям произрастания достигнут определенный успех. Однако, адаптивные возможности растений к условиям высотной поясности, где наряду с макроклиматическими создаются и специфические микроклиматические условия изучены пока недостаточно. Между тем, эти показатели имеют важное значение при разработке методологических подходов для сохранения биоразнообразия, интродукции и адаптивного сельского хозяйства [Кумахова, 2003].

Айва (*Cydonia oblonga* Mill.) – светолюбивое и жароустойчивое покрытосеменное растение принадлежит роду айва (*Cydonia* Mill.) подсемейства яблоневые (*Maloideae*, или *Pomoideae*) семейства розоцветные (*Rosaceae*). Она обладает высокой экологической пластичностью к условиям произрастания, особенно почвенным, может произрастать на песчаных, аллювиальных, черноземных и других типах почв. Продолжительность жизни айвы порой достигает до 50–60 лет [Камелин, 2006].

В России встречаются дикорастущая и культурная формы айвы. Культурная форма *C. oblonga* находит широкое распространение, как ценное плодовое и декоративное растение в южных регионах, в частности в Кабардино-Балкарии, Ингушетии и Дагестане, а также на побережье Черного моря и в Крыму. Основной район произрастания дикорастущей айвы – Северный Кавказ, южная часть Дагестана (низинные места, ближе к берегам реки Терек, по склонам гор, до 1400 м над уровнем моря) [Жуковский, 1971].

Материалы и методы. Объектом исследования служили образцы зрелых плодов *C. oblonga*, собранные с растений из средней части кроны трех модельных деревьев, произрастающих в предгорной и лесогорной зонах Северного Кавказа (Кабардино-Балкарская республика и Республика Ингушетия, на ~500 и ~700 м над уровнем моря, соответственно).

Микроскопические исследования клеток околоплодника *C. oblonga* проводили на микроскопе AxiImager D1 (Carl Zeiss, Германия) в проходящем свете. Препараты срезов околоплодника изготавливали с помощью микротомы с вибрирующим лезвием (Thermo Scientific, Microm HM 650V), толщина срезов 50 мкм. Срезы обрабатывали Суданом III (для визуализации липофильных компонентов, в частности кутикулы), флороглюцином и HCl (для выявления лигнифицированных клеточных стенок). Микрофотографии получены с помощью камеры Canon A650 IS. Изображения обрабатывали с помощью программы ZEN lite 2012.

Для определения состава жирных кислот (ЖК) липидов наружные (покровные) ткани (эпидерма и гиподерма) и паренхимную часть околоплодника плодов *C. oblonga* фиксировали по отдельности в кипящем изопропиловом спирте (предварительно смыв поверхностные воска хлороформом), содержащем 0,001% ионола. Абсолютное содержание и ЖК-состав суммарных липидов определяли, как описано ранее [Сидоров, 2012]. Идентификацию и определение количественного содержания метиловых эфиров ЖК (МЭЖК) выполняли с помощью ГЖХ-МС на приборе Agilent 7890A GC (США). Для оценки уровня ненасыщенности ЖК в липидах клеток наружной зоны и паренхимной части околоплодника рассчитывали индекс ненасыщенности (ИН). Абсолютное содержание липидов выражали в микромолях этерифицированных ЖК в расчёте на 1 г сырой или сухой массы [Иванова, 2016].

Результаты и обсуждение. На поперечных срезах околоплодника айвы с обеих высот выражены наружная (покровная) «кожистая» зона, представленная плотно прилегающими друг к другу столбчатыми (радиально вытянутыми) клетками эпидермы (1–2 слоя) и тангенциально вытянутыми толстостенными клетками (3–4 слоя) гиподермы (рисунок).

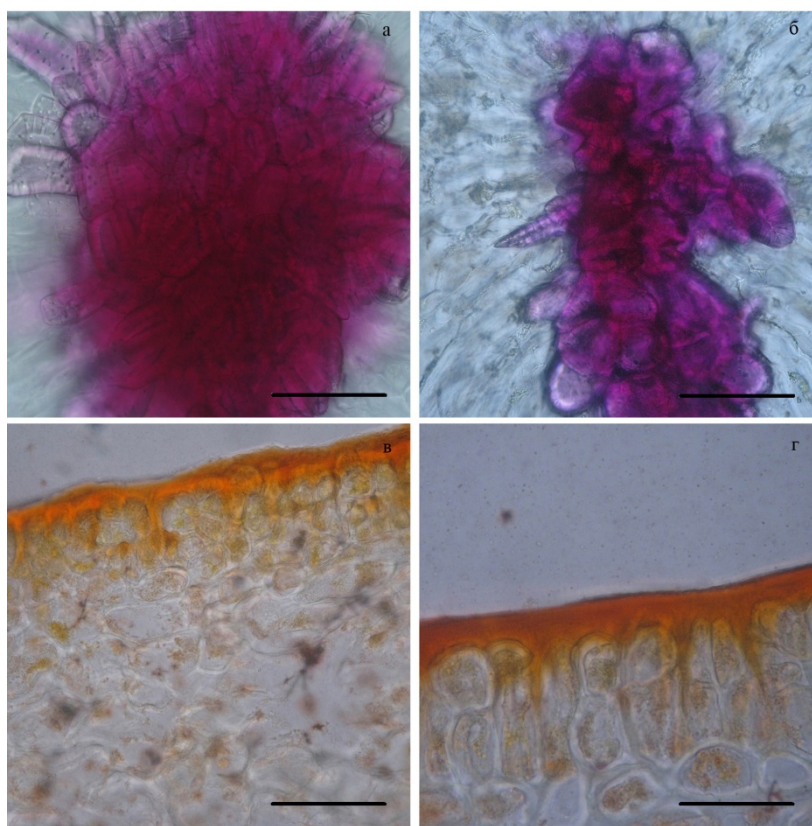


Рисунок. Гистохимическое окрашивание срезов околоплодника *Cydonia oblonga*, произрастающей на разных высотах над уровнем моря (500 м – а, в; 700 м – б, г). а, б – окрашивание флороглюцин+HCl; в, г – окрашивание Судан III. Бар=50 мкм.

Глубже расположена паренхимная (сочная), граничащая с пергаментовидным эндокарпием зона, составленная более крупными рыхло расположенными клетками почти округлой формы (данные не представлены).

Гистохимические исследования образцов *C. oblonga*, взятых с высот 500 и 700 м, выявили в паренхимной части околоплодника айвы многочисленные малиново-красные каменные клетки (склереиды) с сильно одревесневшими стенками (окрашивание флороглюцином с HCl). Зачастую они собираются в комплексы по несколько клеток, формируя крупные скопления – агрегаты размером в несколько миллиметров (рисунок, а, б).

На поперечных срезах околоплодника *C. oblonga* с высоты 500 м (рисунок, в) и 700 м (рисунок, г) окрашивание Суданом III выявило заметные различия в морфологии (характере распространения кутикулы) и общей толщине кутикулы. У плодов с высоты 700 м толщина кутикулы на поверхности эпидермальных клеток превышала аналогичный параметр в образце с высоты 500 м в два с половиной раза (8,70 и 22,58 мкм, соответственно). С увеличением высоты произрастания *C. oblonga* кутикулизация клеток наружного слоя околоплодника распространяется на радиальные и внутренние тангенциальные стенки эпидермальных клеток, а в некоторых случаях даже на оболочки субэпидермальных клеток – до 40 мкм (рисунок, г). Помимо кутикулы, Судан III выявил липофильные компоненты и в клетках околоплодника (рисунок, в, г).

По результатам анализа ЖК-состава, в липидах клеток наружной зоны околоплодника *C. oblonga* с высот 500 и 700 м содержалось 22 и 19 индивидуальных видов C₁₂-C₂₄-ЖК, соответственно, главными из которых были пальмитиновая (C_{16:0}), олеиновая (C_{18:1}) и линолевая (C_{18:2}) кислоты (табл. 1). В паренхимной зоне околоплодника *C. oblonga* с обеих высот было идентифицировано по 17 индивидуальных видов C₁₂-C₂₂-ЖК, главными из которых были C_{16:0}, C_{18:1}, C_{18:2} и α-линоленовая (C_{18:3}) кислоты.

Таблица 1.
Состав ЖК липидов плодов *C. oblonga* на разных высотах (мас. % от суммы МЭЖК)

ЖК	Наружная зона ¹		Паренхимная зона	
	500 м	700 м	500 м	700 м
C _{12:0}	0,4	1,0	0,3	0,4
C _{14:0}	1,2	0,9	1,0	0,9
C _{15:0}	0,4	0,2	0,6	0,5
C _{16:0}	27,4	18,1	24,3	24,5
Δ7-C _{16:1}	0,6	0,3	0,7	0,5
Δ9-C _{16:1}	0,5	0,3	0,2	0,1
Δ9,12-C _{17:2}	0,8	0,4	0,2	0,3
C _{18:0}	4,5	3,0	3,4	2,6
Δ7-C _{18:1}	5,3	1,8	–	–
Δ9-C _{18:1}	11,3	5,4	4,3	4,0
Δ11-C _{18:1}	1,4	1,6	1,6	1,3
Δ9,12-C _{18:2}	41,9	63,0	57,9	60,4
C _{19:0}	0,1	0,2	0,3	0,2
Δ9,12,15-C _{18:3}	1,5	2,1	4,6	3,7
C _{20:0}	0,6	0,5	0,6	0,4
C _{22:0}	0,2	0,2	следы	0,1
ИИ	1,109	1,435	1,368	1,384

¹содержались также Δ11-C_{16:1}, Δ10-C_{17:1}, Δ13-C_{18:1}, и Δ11-C_{20:1} ЖК.

Уровень ненасыщенности ЖК липидов в клетках наружной зоны (эпидерма и гиподерма) в образце с высоты 700 м был выше, чем с высоты 500 м (ИН=1,435 и 1,109, соответственно), в то время как в липидах клеток паренхимной части он был практически одинаковым (ИН=1,384 и 1,368, соответственно).

Содержание липидов в паренхимной части околоплодника *C. oblonga* с изученных высот произрастания различалось незначительно, а клетки наружной зоны плодов, собранных с 500 м содержали на ~30% больше липидов. И в том, и в другом варианте суммарное количество липидов в наружной части плода было выше, чем в паренхиме, в расчете, как на сухой, так и на сырой вес (табл. 2).

Таблица 2.

Абсолютное содержание липидов в околоплоднике *Cydonia oblonga*, произрастающей на разных высотах (микромоль этерифицированных ЖК)

Высота над уровнем моря	500 м	700 м
Топографические зоны околоплодника		
В расчете на 1 г сырой массы		
Наружная зона	7,89	5,45
Паренхимная зона	1,99	1,97
В расчете на 1 г сухой массы		
Наружная зона	30,26	21,06
Паренхимная зона	11,93	12,35

Высотная поясность обуславливает изменение почвенно-климатических условий произрастания растительных организмов. Нами были выявлены некоторые анатомо-физиологические и биохимические особенности плодов айвы, произрастающей на различных высотах, имеющие, вероятно, приспособительный характер к горным условиям произрастания. В частности, плоды *C. oblonga* покрыты мощной кутикулой, которая изолирует глубоко лежащие ткани плода и предохраняет их от потери влаги, тем самым, защищая цитоплазму от сильного обезвоживания, позволяет задерживать и снижать интенсивность солнечной радиации. У плодов *C. oblonga*, собранных на высоте 700 м над уровнем моря, кутикула в 2,5 раза толще и она намного глубже проникает в верхние слои околоплодника, чем у плодов с высоты 500 м. Столь мощная кутикула, покрывающая стенки поверхностных клеток предохраняет плод *C. oblonga* от потери влаги в горах, что свидетельствует об успешной ее приспособленности к условиям высотной поясности.

Литература

- Жуковский П. М. Культурные растения и их сородичи. – Л.: Колос, 1971. – 750 с.
- Иванова Т.В., Майорова О.В., Орлова Ю.В., Кузнецова Э.И., Халилова Л.А., Мясоедов Н.А., Балнокин Ю.В., Цыдендамбаев В.Д. Ультраструктура и жирнокислотный состав липидов клеток вегетативных органов *Chenopodium album* L. в условиях солевого стресса // – Физиология растений. – 2016. – Т. 63, № 6. – С. 783–795.
- Камелин Р. В. Розоцветные (*Rosaceae*). – Барнаул: АГУ, 2006. – 100 с.
- Кумахова Т.Х. Некоторые особенности анатомии плодов *Malus domestica* (*Rosaceae*) в зависимости от высоты культивирования в горах // Ботанический журнал. – 2003. – Т. 88, № 6. – С. 75–84.
- Сидоров Р.А., Жуков А.В., Верещагин А.Г., Цыдендамбаев В.Д. Низшие алкиловые эфиры жирных кислот из плодов бересклета // Физиология растений. – 2012. – Т. 59, № 3. – С. 362–368.

FRUIT OF *CYDONIA OBLONGA* IN CONDITIONS OF ALTITUDE ZONATION

T.V. Ivanova¹, A.S. Voronkov^{1,2}, T.H. Kumakhova³, E.I. Kuznetsova¹

¹K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, Moscow, Russia, itv_20006@mail.ru

²Moscow Regional Institution of Higher Education " University for Humanities and Technologies", Orekhovo-Zuyevo, Russia, voronkov_as@mail.ru

³Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Timiryazev State Agrarian University", Moscow, Russia, tkumachova@yandex.ru

Abstract. We have done histochemical and biochemical researcher of *Cydonia oblonga* fruit which grow in foothill (500 m) and mountain forests (700 m) of North Caucasus. The differences in the thickness of cuticle and in total lipids fatty acid composition of the outer layers of quince fruit reflect the *C. oblonga* adaptation of the conditions of altitude zonation.

Keywords: *cuticle, fatty acids, altitude zonation, Cydonia oblonga*