



ДИНАМИКА ГИСТО-АНАТОМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ОНТОМОРФОГЕНЕЗЕ ПЛОДА ЧЕРНОПЛОДНОЙ РЯБИНЫ (*ARONIA MELANOCARPA* (MICHX.) ELLIOT)

ТАТЬЯНА И. КАЛАЛБ

Аннотация. Была изучена динамика изменений гисто-анатомических показателей (толщина и тип кутикулы, тип восковых кристаллоидов; тип, плотность и способ распределения волосков и устьиц; наличие и способ распределения друз оксалата кальция, склерид и антоциансодержащих вакуолей в мезокарпии и др.) в онтоморфогенезе (от 10 дней от окончания цветения до полного созревания) плодов черноплодной рябины *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot, выращенных в Республике Молдова.

Ключевые слова: *Aronia melanocarpa*, гисто-анатомические показатели, онтоморфогенез, плод

Государственный Университет Медицины и Фармации «Николай Тестемицану», ул. Малина микэ, 66, MD 2025, Кишинэу, Молдова; tatianacalalb@yahoo.com

Введение

Плоды черноплодной рябины (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) являются ценным источником полифенольных соединений с различным терапевтическим действием: антиоксидантное, сосудукрепляющее, гипотензивное, противовоспалительное, антимуtagenное, противомикробное и противовирусное (VALCNEVA-KUZMANOVA & VELCNEVA 2006). Благодаря этим свойствам плоды аронии очень востребованны на международном рынке в качестве лекарственного растительного сырья и как компонент ежедневного рационального питания. Согласно информации „Global New Product Database” (GNPD 2011) плоды аронии, благодаря высокому содержанию фенольных соединений, в последнее время считают самым перспективным продуктом здоровой пищи.

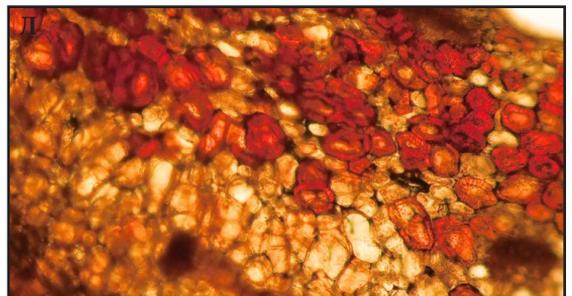
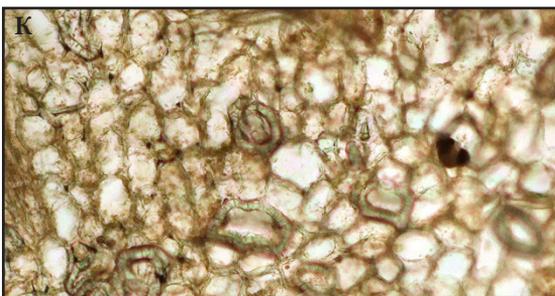
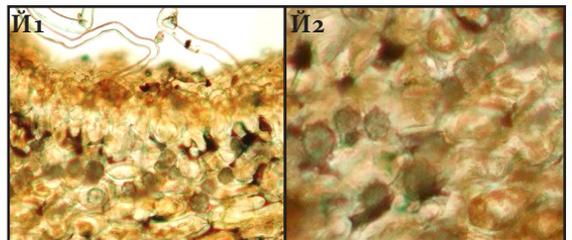
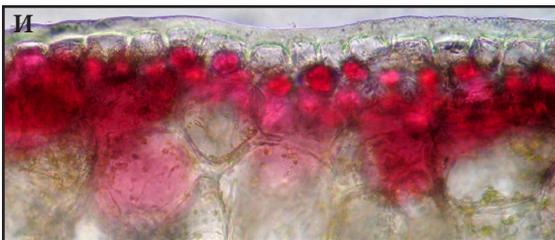
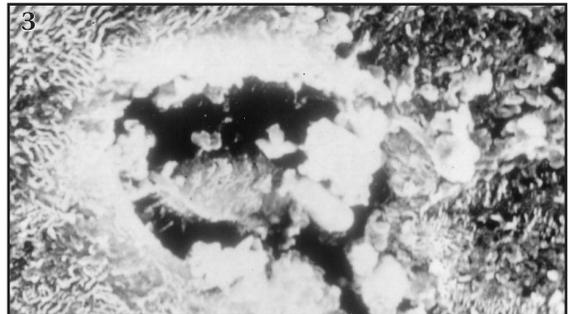
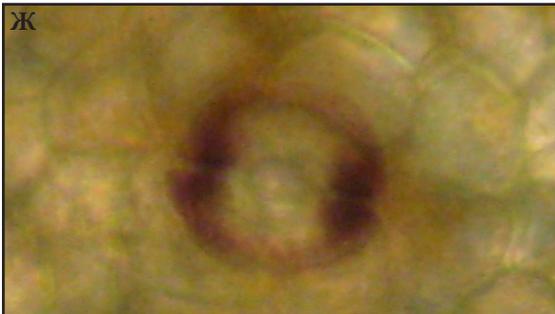
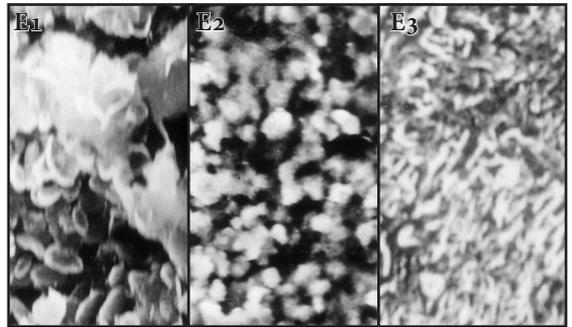
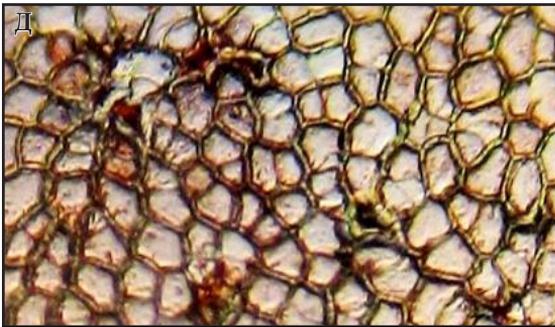
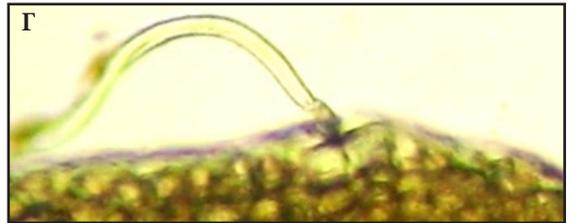
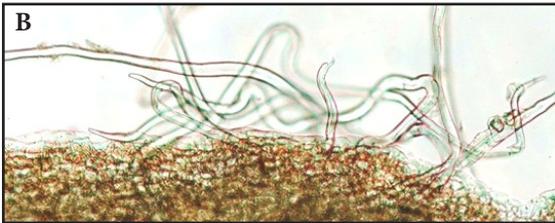
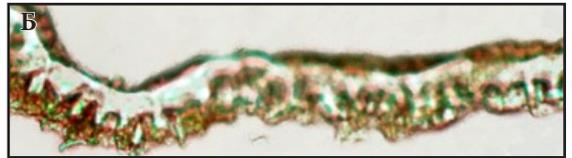
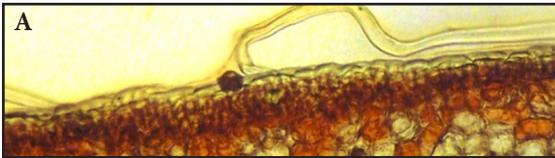
Это растение родом из Северной Америки, оно успешно выращивается на обширных площадях в странах Европы и Азии. В Республике Молдова плантации аронии занимают 157,8 га и по данным Государственного агентства «Молдсилва» их урожайность резко снизилась в последнее десятилетие из-за изменения климатических условий и частых стихийных бедствий (заморозки и холодные дожди в период цветения, длинные засухи, сухие ветра во время созревания плодов). Для определения устойчивости растений аронии, в том числе и плодов, были изучены изменения гисто-анатомических параметров околоплодника в процессе карпоонтоморфогенеза.

Результаты и их обсуждение

Плод черноплодной рябины относится к карпологическому типу *rommum*, в образование которого кроме стенки завязи принимают участие и другие компоненты цветка (RONNER *et al.* 1991). Для околоплодника аронии характерна следующая гистологическая зональность: экзокарп и мезокарп, дифференцированный на гиподерму, а также подзоны (внешнюю и внутреннюю) округлых клеток и радиально-удлиненных клеток между ними (CALALB 2010a, 2010b). Были изучены изменения анатомических показателей в карпоонтогенезе в зависимости от гистологической зоны околоплодника (фазы – 10, 20, 30, 40, 50, 60 и 80 дней от окончания цветения до созревания), и некоторые результаты выражены в Таблице 1.

Толщина кутикулы на протяжении первых двух фаз (20 и 40 дней после цветения) несколько увеличивается и резко возрастает на фазе 60 дней после отцветания, но на более поздних фазах кутикула утолщается незаметно и в зрелом плоде имеет 8,1 мм толщины. В процессе онтогенеза плода наблюдается переход внешнего типа к внешне-внутреннему типу кутикулы (Рис. 1 А, Б).

На первых двух фазах карпоонтогенеза (20 и 40 дней) опушенность характерна для всей поверхности эпикарпия (Рис. 1 В) и представлена одноклеточными, простыми, длинными волосками, окруженными шестиклеточной базальной розеткой (Рис. 1 Г). На фазе 80 дней после цветения плотность волосков уменьшается в 2 раза по сравнению с предыдущей фазой и в



зрелых плодах сводится к минимуму. Предстает интерес способ распределения волосков на поверхности околоплодника: они остаются, в основном, на полюсах, а в средней части опадают из-за внешних механических воздействий и поэтому отмечаем только их место прикрепления (Рис. 1 Д). При одновременном снижении плотности волосков эпикарпия возникает другой элемент с защитной функцией – воск, как продукт интенсивного метаболизма клеток эпидермы. Восковые отложения отмечаются, начиная с 40 дней от цветения, являясь специфическими структурами которые характеризуют, в основном, серединную часть зрелых плодов со стороны солнечной экспозиции. На фазе 80 дней от цветения, восковой слой утолщается и в зрелых плодах является полиморфным, состоящий из ламелярных, гранулярных и тубулярных восковых кристаллоидов, придавая поверхности сизый налет (Рис. 1 Е).

Для эпикарпия характерен аномоцитный тип устьиц (Рис. 1 Ж) с неравномерным распределением, плотность которых постепенно уменьшается в карпоонтогенезе за счет увеличения размеров клеток эпидермы. В зрелых плодах устьица заменены опробковевшими чечевичками (рис. 1 З).

Клетки эпидермы увеличиваются в размерах и на фазе 60 дней они в 2 раза больше по отношению к начальной и почти в 2 раза меньше, чем у зрелого плода. До 60 дней после цветения в клетках мезокарпия преобладают крахмальные зерна, которые постепенно исчезают на последующих фазах, но параллельно наблюдается увеличение вакуолярной системы и накопление антоцианов в них, сперва в клетках гиподермы (Рис. 1 И), потом в подзоне округлых клеток, а в зрелом плоде во всех гистологических зонах, но концентрация больше в периферической части околоплодника. В карпоонтогенезе был установлен градиент расширения клеток, который четко коррелирует с увеличением объема вакуолей, в зависимости

от гистологической подзоны: в гиподерме – в 3 раза, в подзоне округлых клеток – в 6 раз, а в подзоне радиально-удлиненных клеток – в 7 раз (Табл. 1), что приводит к увеличению толщины околоплодника зрелого плода.

Образование друз оксалата кальция является характеристикой околоплодника аронии, но в процессе карпоонтогенеза меняется их топография: на начальных фазах отмечаются, в основном, в периферической части, а на последующих фазах их ареал распространения расширяется и в зрелом плоде их находим во всех гистологических подзонах мезокарпия (Рис. 1 Й).

Формирование одиночных склереид в околоплоднике наблюдается, начиная с фазы 40 дней (Рис. 1 К) во всех гистологических подзонах мезокарпия. Склереиды усиленно развиваются к фазе 60 дней, а в зрелом плоде образуют толстый и непрерывный слой во внутренней подзоне округлых клеток части околоплодника, в том числе и в эндокарпии (Рис. 1 Л).

Выводы

Таким образом, результаты исследований показали, что изменения гисто-анатомических структур околоплодника аронии имеют адаптивный характер к воздействию климатических факторов на определенной фазе карпоонтогенеза. В процессе карпоонтогенеза аронии прослеживается четкая динамика анатомических структур – в замен одних структур (волоски, тонкая внешняя кутикула, устьице) характерных для ювенильных плодов, развиваются другие анатомические структуры с приспособительным характером (внешне-внутренняя толстая кутикула, полиморфный восковой налет, опробковевшие чечевички, склереиды, антоцианосодержащие вакуоли и друзы оксалата кальция).

Исходя из полученных данных, также можно сделать некоторые обобщающие выводы:

◀ **Рис. 1.** Специфические анатомические структуры перикарпия плода *Aronia melanocarpa*: А – внешний тип кутикулы; Б – внешне-внутренний тип кутикулы; В – опушенный эпикарпий; Г – кроющий волосок с 8-клеточным основанием; Д – место прикрепления волосков; Восковые кристаллоиды: Е₁ – ламелярные, Е₂ – гранулярные, Е₃ – тубулярные; Ж – устьица; З – чечевичка; И – антоцианосодержащая гиподерма; Друзы оксала кальция: Й₁ – в гиподерме, Й₂ – во внутренней подзоне округлых клеток; К – ювенильные склереиды; Л – непрерывный слой склереид во внутренней подзоне округлых клеток.

◀ **Fig. 1.** Specifically anatomical structures of fruit pericarp of *Aronia melanocarpa*: А – outer cuticle; Б – outer-inner cuticle; В – pubescent epicarp; Г – trichome with 8 – cells base; Д – place of trichome attachment; Wax crystals: Е₁ – lamellar, Е₂ – granular, Е₃ – tubular; Ж – stomata; З – lenticel; И – hypoderma with anthocyanins; Calcium oxalate druses: Й₁ – in hypoderma, Й₂ – in subzone of spherical cells; К – juvenile sclereids; Л – continuous layer of sclereids in inner subzone of spherical cells.

Табл. 1. Изменения некоторых гисто-анатомических показателей околоплодника в онтогенезе плода *Aronia melanocarpa*. Плотность волосков, устьиц и склерид в поле зрения микроскопа при комбинации окуляра 10× и объектив 20×.

Table 1. Modifications of some histo-anatomical parameters in ontogenesis of the fruit of *Aronia melanocarpa*. Density of trichomes, stomata and sclereids obtained in the field of microscopic vision with 10× ocular and 20× objective.

Онторморфогенетическая фаза (дней от цветения)	Экзокарпий						Мезокарпий (основная паренхима)				
	Толщина кутикулы (мкм)	Размеры клеток эпидермы (мкм)		Восковые отложения cuticle	Плотность волосков	Плотность устьиц	Размеры паренхимных клеток (мкм)				Плотность склерид во внутренней подзоне округло-овальных клеток
		Тангентальный	Радиальный				Гиподерма	Подзона округло-овальных клеток	Подзона округло-удлиненных клеток		
								Большой диаметр	Малый диаметр		
20	3,8±0,2	10,2±0,1	3,4±0,2	-	14,1±1,2	3,1±0,1	18,2±2,1	17,5±1,3	30,6±2,1	12,4±1,1	-
40	4,5±0,1	12,5±0,3	4,4±0,3	-	10,1±1,4	2,8±0,1	26,4±1,9	29,9±1,9	48,8±2,2	24,5±1,8	8,2±1,3
60	7,7±0,4	22,8±0,4	12,4±0,2	+	5,1±1,3	2,4±0,2	44,6±2,1	48,2±2,7	82,9±2,4	45,7±2,2	14,1±1,3
80	7,8±0,2	38,3±1,2	21,2±0,3	++	2,4±1,2	1,5±0,2	57,6±2,3	69,8±2,1	122,4±4,4	58,1±2,6	15,3±1,2
Полная зрелость	8,9±0,2	40,2±1,4	23,1±0,2	+++	0,3±1,1	2,1*±0,2	67,1±2,6	110,1±3,8	218,8±3,4	65,8±2,1	15,6±0,9

Восковые отложения: + – незначительные; ++ – выраженные; +++ – максимальные; * – опробковевшие чечевички.

Wax: + – slight; ++ – developed; +++ – the most developed; * – lenticels.

1. В процессе карпоонтогенеза аронии, от одной фазы к другой, прослеживается последовательность, постепенность и поэтапность в динамике как количественных, так и качественных анатомических изменений.

2. Адаптация сочного перикарпия плода аронии к внешним условиям в процессе онтоморфогенеза происходит через очень сложный структурно-приспособительный механизм, основанный на коррелятивном взаимоотношении суперфициальных и внутренних анатомических структур, которые меняются от одной онтогенетической фазы к другой, что способствуют приобретению устойчивости к жестким факторам среды.

Цитируемые источники

- CALALB T. 2010a. *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot (structura, biochimia și biotehnologia fructelor). dPrim, Chișinău.
- CALALB T. 2010b. Studiul histochemic și biochimic al conținutului fenolic în ontomorfogeneza fructului *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot. *Buletinul AȘ a Moldovei. Științe medicale*. 1 (24): 56–63.
- GNPD. 2011. The Global New Products Database. Mintel. http://www.gnpd.com/sinatra/gnpd/frontpage/?__cc=1
- ROHRER J., KENNETH R., PHIPPS R. et al. 1991. Variation in structure among fruits of *Maloideae* (Rosaceae). *American Journal of Botany* 78 (12): 1617–1635.
- VALCHEVA-KUZMANOVA S. & BELCHEVA A. 2006. Current knowledge of *Aronia melanocarpa* as a medicinal plant. *Folia Med. (Plovdiv)* 48 (2): 11–17.

THE DYNAMIC OF HISTOANATOMICAL MODIFICATIONS DURING THE ONTOMORPHOGENESIS OF THE FRUITS OF CHOKEBERRY (*ARONIA MELANOCARPA* (MICHX.) ELLIOT)

TATYANA I. CALALB

Abstract. The dynamic of the modifications of histoanatomical parameters (thickness and type of cuticle, type of wax crystalloids; density, type, mode of distribution stomata and hairs; mode of distribution and presence of calcium oxalate druses, sclereids and vacuoles with anthocyanin content in mesocarp cells) during ontomorphogenesis (from 10 days after bluming up to full maturity) of the fruits of *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot, grown in the Republic of Moldova has been studied.

Key words: *Aronia melanocarpa*, histo-anatomical parameters, ontomorphogenesis, fruit

State University of Medicine and Pharmacy «Nicolae Testemitanu», Malina Mica str., 66, Chișinău, MD 2025, Moldova; tatianacalalb@yahoo.com