

МИКРОРЕЛЬЕФ ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТЬЕВ ДИКОРАСТУЩЕЙ АЙВЫ *CYDONIA OBLONGA* MILL. (ROSACEAE) ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ПРЕДГОРИЙ ДАГЕСТАНА

Т.Х. Кумахова^{1✉}, А.В. Бабоша², А.С. Рябченко², Д.М. Анатов³

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

²ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук» (ГБС РАН), Россия, 127276, Москва, Ботаническая ул., д. 4

³ФГБУН Горный ботанический сад ДФИЦ РАН, Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45

tkumachova@yandex.ru

Представлены материалы исследования особенностей микроморфологии поверхности листьев дикорастущей айвы *Cydonia oblonga* Mill. (Rosaceae) методом криосканирующей электронной микроскопии. Единственным ареалом произрастания дикорастущей айвы в России является южная часть Дагестана. Горные лесные фитоценозы Дагестана дают уникальные площадки для изучения приспособительного потенциала растений, поскольку условия произрастания изменяются не только сообразно смене времен года, но и напрямую зависят от высоты расположения над уровнем моря. Определены микроморфологические и микроструктурные особенности адаксиальной (верхней) и абаксиальной (нижней) поверхностей исследованных образцов. Обнаружены различия эпидермы на этих поверхностях не только в структурной организации, но и в микроморфологии. Охарактеризована кутикулярная складчатость в виде микротяжей на основных клетках эпидермы как наиболее яркая черта микроморфологии адаксиальной и абаксиальной поверхностей листовой пластинки, а также выявлены околоустьичные радиальные тяжи, перистоматические кольца и выступы в области устьиц. Установлено, что листья гипостоматные с аномоцитными устьицами двух типов (первичными и вторичными), независимо от места произрастания плодовых растений, отличаются качественными и количественными показателями. Первичные устьица имели более рельефный кутикулярный орнамент, а также больший размер, по сравнению с более мелкими вторичными. Сделан вывод о том, что наличие нескольких типов кутикулярной складчатости, устьичный полиморфизм листьев дикорастущей айвы — это общие черты, свойственные другим исследованным видам подсемейства Рутиняе (ранее Maloideae (Rosaceae)). Согласно полученным данным, выявленные особенности кутикулярной складчатости стабильны в пределах вида и могут быть использованы в качестве дополнительных таксономических признаков.

Ключевые слова: микрорельеф, кутикулярная складчатость, устьица, эпидерма, айва дикорастущая

Ссылка для цитирования: Кумахова Т.Х., Бабоша А.В., Рябченко А.С., Анатов Д.М. Микрорельеф поверхности листьев дикорастущей айвы *Cydonia oblonga* Mill. (Rosaceae) лесных фитоценозов предгорий Дагестана // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2023. Т. 27. № 2. С. 76–86. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-2-76-86

Наблюдаемый с каждым годом все увеличивающийся антропогенный прессинг и перманентно изменяющиеся условия среды приводят к постепенному обеднению и сокращению ареалов произрастания дикорастущих видов покрытосеменных растений. Между тем многие из них несут в себе огромный потенциал генетических признаков и участвовали в происхождении современных культурных форм (сортов). Микроморфологические характеристики поверхности листьев содержат весьма полезную информацию для разработки методологических подходов к сохранению генофонда растений, в частности, при выращивании в условиях культуры, в коллекциях ботанических садов и других интродукционных центрах, а также для внедрения в зеленом хозяйстве (*ex situ*). Кроме того, сведения об особенностях микроморфологии поверхности листьев важны при проведении

селекционных мероприятий по усовершенствованию и отбору высокоустойчивых к различным фитопатогенам и хозяйственно ценных форм, а также при прогнозировании свойств полученных гибридов и определения перспектив их интродукции в зоны с климатическими рисками.

Особенности кутикулярной складчатости имеют существенное значение в формировании устойчивости к различным биотическим стрессорам, в первую очередь, грибной этиологии. Кутикулярные складки изменяют характер смачиваемости поверхности листьев. Водяные капли вследствие высокого поверхностного натяжения касаются только верхних кромок кутикулярных гребней, поэтому легко скатываются с эпидермы [1, 2]. Кутикулярные складки также участвуют в согласовании некоторых параметров роста листьев, они изменяют механические свойства, придавая жесткость и прочность на изгиб [3]. Приуроченность закономерного организованного микрорельефа

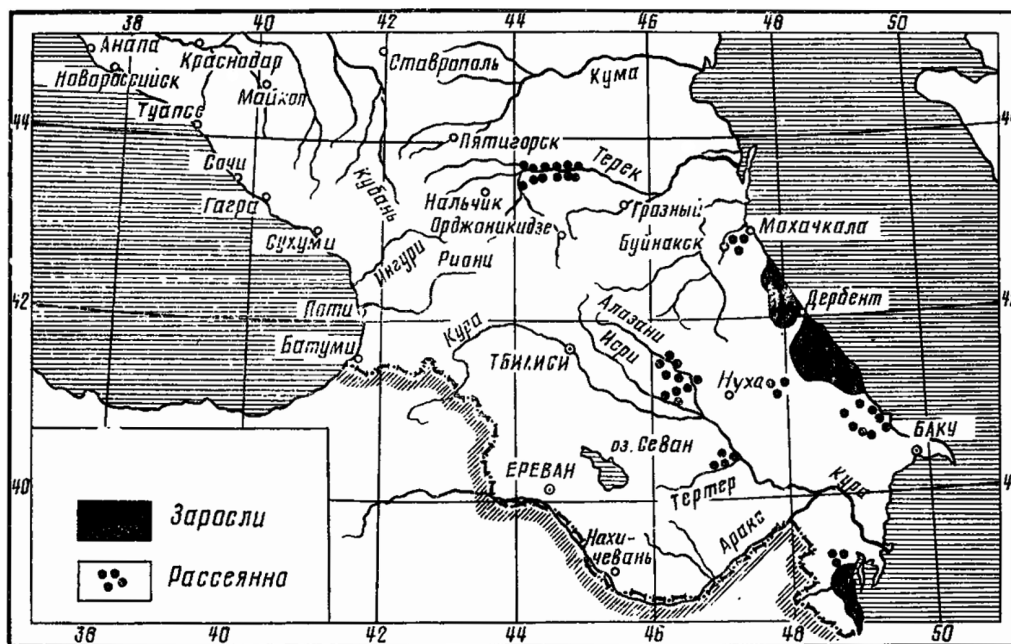


Рис. 1. Ареал распространения айвы дикорастущей (*Cydonia oblonga* Mill.) на Кавказе по Лихонос и др. (1983) [20]

Fig. 1. Distribution area of wild quince (*Cydonia oblonga* Mill.) in the Caucasus according to Likhonos et al. (1983) [20]

к клеткам устьичного комплекса позволила предположить его участие в работе устьиц [4–7]. Кроме того, особенности строения микрорельефа поверхности эпидермы листьев обладают высоким уровнем стабильности в пределах вида. Это позволяет использовать особенности микрорельефа в качестве диагностических признаков в систематике растений [8–10]. Исследователи неоднократно обращали внимание на связь между поверхностными микроструктурами и средой обитания растений. Однако, как отмечают некоторые авторы [11], условия произрастания растений крайне слабо влияют на организацию кутикулярной складчатости поверхности. Тем не менее не вызывает сомнения то, что поверхностные структуры выполняют барьерные функции, имея существенное значение для адаптации растений к тем или иным условиям произрастания. Нельзя исключить, что параметры микроструктурной организации эпидермы могут варьировать при различных сочетаниях факторов внешней среды [12, 13]. Однако до настоящего времени некоторые вопросы микроморфологической организации эпидермы листьев представителей семейства Rosaceae (подсемейство Ругинае (ранее Maloideae)) остаются недостаточно изученными [14–17].

К группе перспективных для данного исследования дикорастущих видов семейства Rosaceae относится айва дикорастущая (*Cydonia oblonga* Mill.), единственным ареалом произрастания которой в России является юг Дагестана [18]. Сведения об ареалах произрастания айвы дикорасту-

щей имеются и в более ранних работах [19–23]. Есть сведения о том, что Кавказ и примыкающие к нему районы Малой Азии, а также Ирана являются первичными центрами основного потенциала генетического разнообразия *C. oblonga* Mill. [24]. Согласно экспедиционным материалам Всероссийского института растениеводства (ВИР) и других исследовательских центров, выделено три основных района распространения айвы дикорастущей *C. oblonga* Mill.: 1) Талыш (Тетерский район Азербайджана); 2) Западный Копетдаг (Туркмения); 3) юг Дагестана с прилегающими к нему Кубинским и Девичинским районами Азербайджана. В Южно-Дагестанском ареале распространения (от р. Самур до с. Каякент), который является второй подзоной северо-восточного склона Главного Кавказского хребта, айва *C. oblonga* Mill. произрастает большими сплошными зарослями, отдельными куртинами и кустами почти повсеместно (приморская низменная зона, долины рек и редколесье на горных склонах). В Южном Дагестане дикорастущая айва *C. oblonga* Mill. встречается не только в приморской низменной полосе, но и в предгорной зоне — до высоты 500...800 м н. у. м., а в отдельных районах Закавказья и до 1200...1450 м. Айва дикорастущая в Дагестане имеет ограниченный ареал: в северном направлении она встречается значительно реже, небольшими зарослями произрастает на лесистых склонах и в районе г. Махачкалы, а также по берегам рек вблизи г. Хасавюрта и вдоль р. Терек западнее г. Грозного (рис. 1) [25].

Здесь же и проходит северная граница ареала распространения айвы дикорастущей *C. oblonga* Mill. Важно, что кавказский ареал распространения айвы дикорастущей *C. oblonga* Mill. считается вторичным. Очевидно, дикорастущая айва *C. oblonga* Mill. является единственным видом-предком южных (кавказских) сортов культурной айвы, поскольку впервые она была одомашнена и введена в культуру на Кавказе [26, 27].

Дикорастущая айва *C. oblonga* Mill. — единственный представитель монотипного рода *Cydonia* Mill., подсемейства Pyrinae (раннее Maloideae) семейства Rosaceae [28–30], кустарник или небольшое деревце высотой 1,5 м и более, произрастает в сообществе с боярышником, мушмулой, терном, алычой, шиповником, грушей кавказской и др. Как отмечено выше, распространена до высоты 700...800 м н. у. м. Это светолюбивое жароустойчивое растение с одиночными бледно-розовыми цветками на коротких опушенных цветоножках. Листья яйцевидные или овальные, цельнокрайние, на адаксиальной поверхности темно-зеленые голые, на абаксиальной — сероволочные с опушенным черешком. Плод — яблоко, ребристое, груше- или яблоковидный, либо почти шаровидный, созревает в октябре. На ранних стадиях формирования — плоды с войлочным опушением, при созревании — с лимонно- или темно-желтым сползающим волосковым покрытием. Плоды богаты многими ценными веществами: витаминами, органическими кислотами, микроэлементами, пектинами, полифенолами, а также жирными кислотами [31–32]. *C. oblonga* Mill. хороший медонос, обладает лекарственными свойствами, имеет прекрасные декоративные качества: крупные белые слегка розоватые цветки имеют нежный аромат и ярко-желтые плоды. Она скороплодна, ежегодно плодоносит, устойчива к вредителям и болезням, легко размножается (прививкой, черенками, порослью и семенами). Наряду с этим, *C. oblonga* Mill. обладает хорошими экологическими качествами, солевынослива, пыле- и газоустойчива. Особая ценность в том, что айва дикорастущая *C. oblonga* Mill. является лучшим подвоем для груши, ее можно использовать для создания высокоинтенсивных пальметтных садов большой экономической эффективности.

Цель работы

Цель работы — сравнительное изучение микроморфологии адаксиальной и абаксиальной поверхностей эпидермы листьев дикорастущей айвы *C. oblonga* Mill., произрастающей на юге Дагестана.

Материалы и методы

Объектом исследования были закончившие рост листья *C. oblonga* Mill. Материал собрали в контрастных экологических зонах высотой (–6, 212 и 750 м н. у. м.). Образцами были зрелые листья средних размеров, которые отбирали из средней части кроны трех модельных деревьев в 3-кратной повторности.

Места сбора образцов (рис. 2):

1) г. Махачкала, Эльтавский лес — высота –6 м н. у. м.; координаты 42°59'42,3" с. ш.; 47°26'16,6" в. д.; почвы глинисто-песчаные; низины в окрестностях г. Махачкалы сезонно заболачиваемые; заросли айвы находятся в искусственных насаждениях тополя с участием боярышника, терна, тамарикса, ясеня, ивы;

2) Дербентский район, дорога между селами Геджух и Дюбек — высота 212 м н. у. м.; координаты 42°04'4,2" с. ш.; 47°59'49,7" в. д.; северные и северо-восточные пологие склоны; крутизна склонов 0...10°; почвы лесные и луговые каштановые; айва произрастает на обочинах дорог и опушках буково-грабовых лесов;

3) Табасаранский район, дорога между селами Дюбек и Хапиль — высота 740 м н. у. м.; координаты 42°00'6,3" с. ш.; 47°58'37,8" в. д.; крутизна склонов 5...25°; почвы лесные и луговые каштановые; северные и северо-восточные пологие склоны; леса широколиственные буково-грабовые с участием мушмулы, терна, черешни, боярышника, шиповника, груши кавказской, алычи растопыренной.

Исследования проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) LEO 1430 VP (*Carl Zeiss*) экспресс-методом криоСЭМ. Фрагменты (1 см²) живых листьев вырезали из средней части и края пластинки, помещали на столик замораживающей приставки *Deben CoolStage*, охлаждали до –30 °С и изучали в режиме высокого вакуума. Для детализации элементов микроструктурной организации поверхности листьев при больших увеличениях в работе использовали образцы, подготовленные по методу криоСЭМ с последующим напылением металлом в камере вакуумной ионно-распылительной установки [33].

Результаты и обсуждение

Независимо от условий произрастания листья дикорастущей айвы *C. oblonga* Mill. были гипостоматного типа, устьица присутствовали только в абаксиальной (нижней) эпидерме (рис. 3).

Эпидерма на адаксиальной (верхней) и абаксиальной поверхностях различалась не только структурной организацией, но и спецификой микроморфологии.



а



б



в



г

Рис. 2. Места сбора образцов айвы дикорастущей: *а* — окрестность г. Махачкалы, Эльтавский лес; *б* — Дербентский район, дорога между селами Геджух и Дюбек; *в, г* — Табасаранский район, дорога между селами Дюбек и Хапиль

Fig. 2. Places of wild quince samples: *a* — the vicinity of the city of Makhachkala, Eltavsky forest; *б* — Derbent region, the road between the villages of Gedzhukh and Dyubek; *в, г* — Tabasaran district, the road between the villages of Dubek and Khapil

Адаксиальная поверхность листовой пластинки была представлена тканью, составленной из однотипных клеток эпидермы, покрытых кутикулой в виде складок. Мощные длинные и извилистые с анастомозами складки кутикулярной природы, переплетаясь между собой, образовывали сетчатую структуру — специфический микрорельеф по всей поверхности листовой пластинки (см. рис. 3, *а, б*). В СЭМ антиклинальные стенки (почти прямые либо слабоволнистые) клеток адаксиальной эпидермы плохо просматривались вследствие многочисленных складок, которые располагались густыми параллельными микротяжами не только на поверхности самой эпидермы, но и поверх границы стенок нескольких соседних клеток, соединяя их в единую систему (см. рис. 3, *а*).

Особенности абаксиальной поверхности листовой пластинки — это гетерогенность и полифункциональность, вхождение в ее состав клеток разных типов: клеток основной эпидермы, клеток устьиц и трихом, или волосков (см. рис. 3, *в, г*, рис. 4, *а–в*). Антиклинальные стенки основных клеток абаксиальной эпидермы в очертаниях извилистые. Кроме того, для абаксиальной поверхности характерна сильная опушенность с равномерным распределением трихом (см. рис. 4, *а*). Трихомы простые, очень длинные, несколько извилистые, без определенной ориентации. Они либо сохранялись на протяжении всей жизни листа, либо опадали на ранней стадии развития или по окончании роста пластинки (см. рис. 4, *в*).

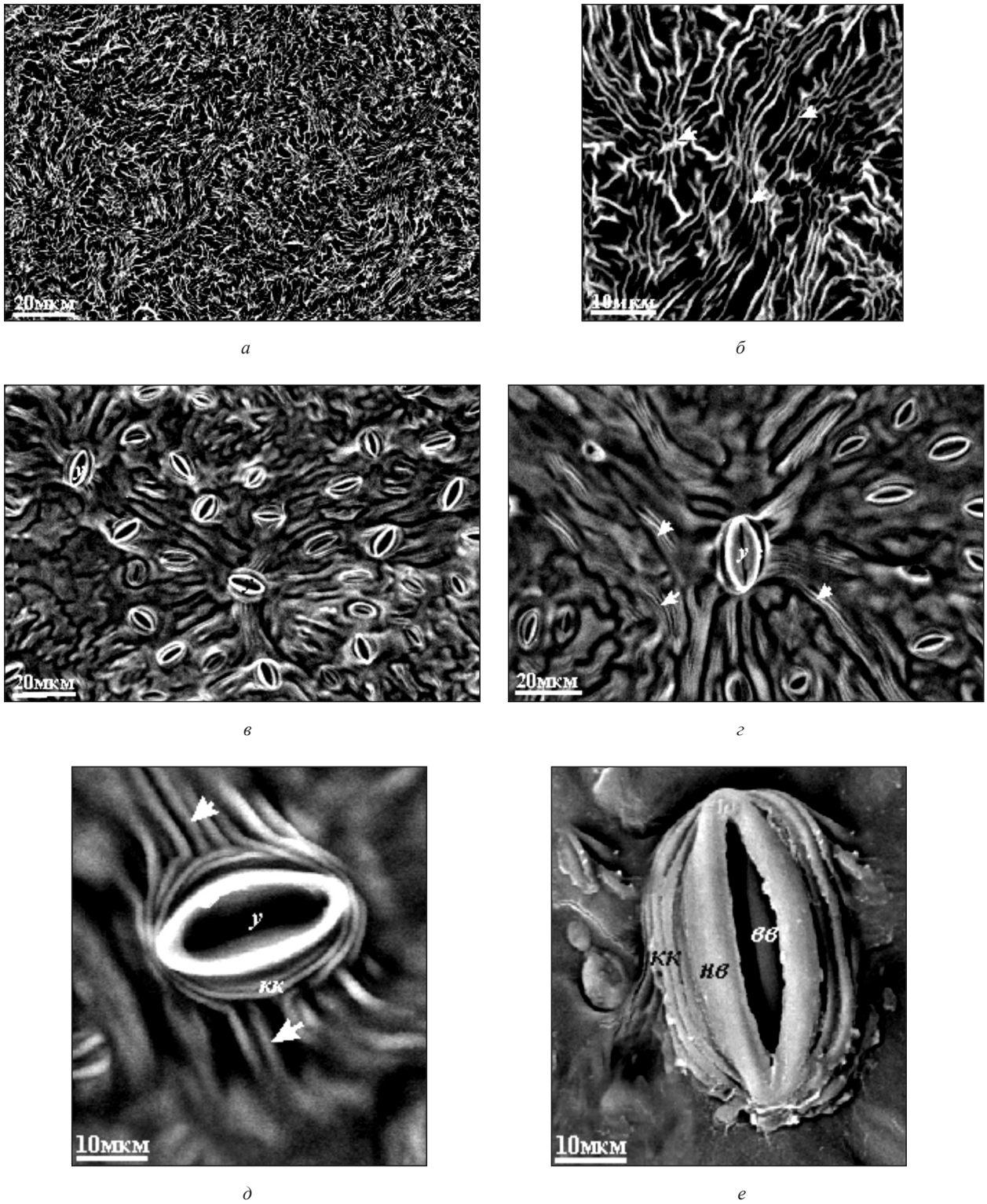


Рис. 3. Фрагменты адаксиальной (*a, б*) и абаксиальной (*д-з*) поверхностей листа *C. oblonga* Mill. (Rosaceae): *a* — общий вид кутикулярной складчатости; *б* — увеличенный фрагмент, специфика расположения микроотражателей; *в* — общий вид абаксиальной поверхности; *з* — специфика расположения первичных и вторичных устьиц; *д* — околоустьичные радиальные микроотражатели; *е* — перистоматические кольца и выступы; обозначения: *вв* — внутренний выступ, *кк* — концентрические перистоматические кольца, *нв* — наружный выступ, *у* — устьица; стрелкой показаны микроотражатели

Fig. 3. Fragments of the adaxial (*a, б*) and abaxial (*д-з*) leaf surfaces of *Cydonia oblonga* Mill. (Rosaceae): *a* — general view of cuticular folding; *б* — enlarged fragment, specific location of microstrands; *в* — general view of the abaxial surface; *з* — specific location of primary and secondary stomata; *д* — stomatal radial microstriations; *е* — peristomatic rings and protrusions; designations: *вв* — internal protrusion, *кк* — peristomatic rings, *нв* — external protrusion; *у* — stomata; the arrow shows microstrands

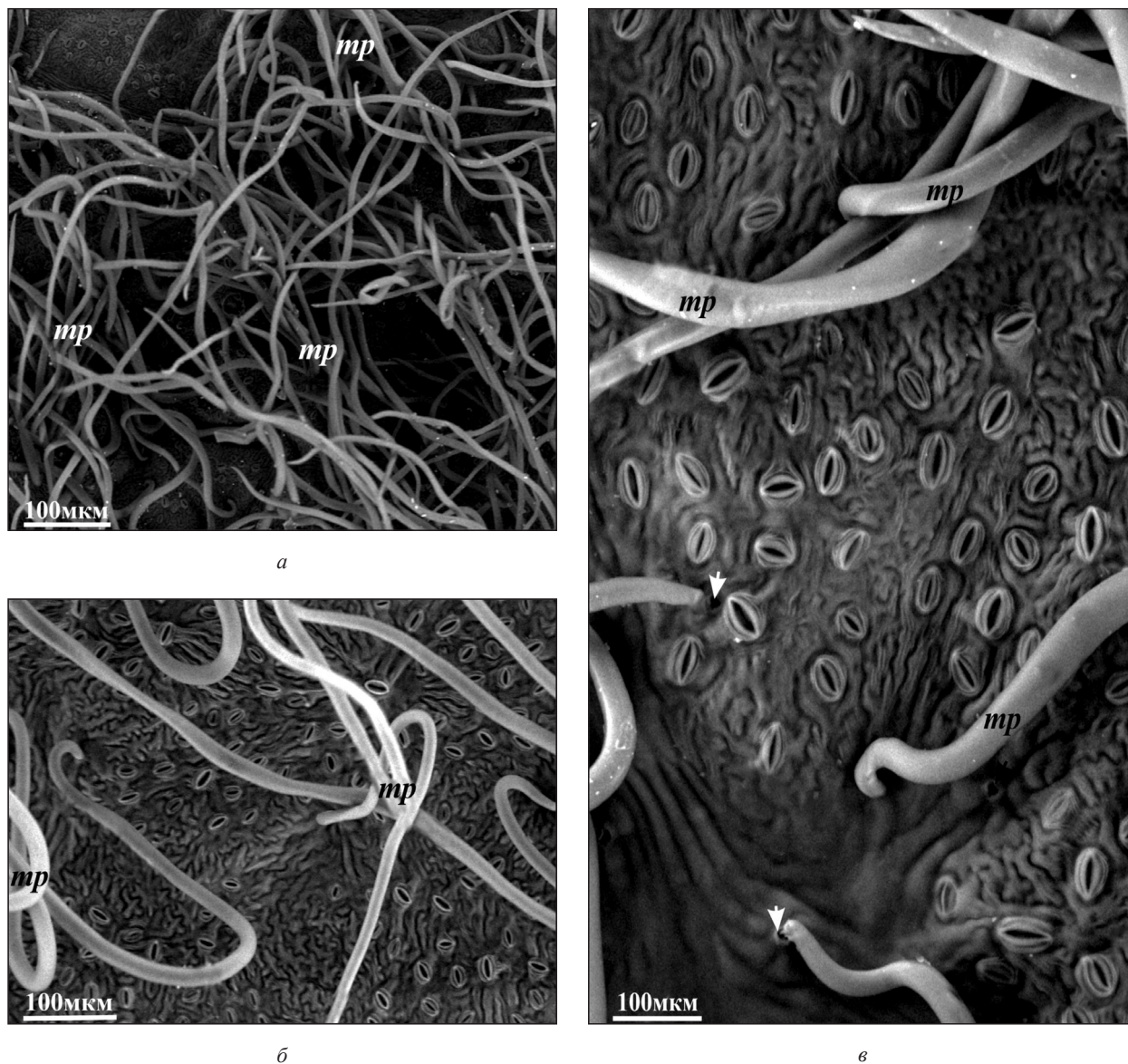


Рис. 4. Трихомы на абаксиальной стороне поверхности листа *C. oblonga* Mill. (Rosaceae): *a* — общий вид; *б, в* — фрагменты поверхности с трихомами и устьицами; обозначения: *тр* — трихома; стрелкой показано основание опадающей трихомы
Fig. 4. Trichomes on the abaxial side of the leaf surface of *Cydonia oblonga* Mill. (Rosaceae): *a* — general view; *б, в* — fragment of the surface with trichomes and stomata; designations: *тр* — trichome; the arrow shows the base of fallen trichomes

Устьица многочисленные, аномоцитного типа, окружающие их клетки почти не отличаются от основных клеток эпидермы. На некоторых участках листовой пластинки выделяются крупные одиночные «первичные» устьица, которые располагаются в центре основной массы на довольно большом расстоянии от остальных «вторичных» более мелких либо ювенильных или недоразвитых (см. рис. 3, *в, г*).

Наряду с этими особенностями на абаксиальной поверхности листьев наблюдали два типа кутикулярных складок, ассоциированных с устьицами: в первом случае перистоматические кольца опоясывали обе замыкающие клетки целиком и от них отходили микротяжи, расходящиеся в радиальном

направлении; во втором — тяжи от устьиц расхо- дились в разных направлениях, соединя замы- кающие и примыкающие к ним основные клетки эпидермы в единый структурно-функциональный комплекс. Кольца располагались либо непосред- ственно на покровных клеточных стенках вокруг наружных выступов (краевые устьичные кольца), либо на самих наружных выступах (см. рис. 3, *г-е*).

В проявлении структурного разнообразия абаксиальной эпидермы участвует множество факторов, влияющих на процессы дифференци- ации клеток. Основными факторами считаются механические напряжения и деформации, воз- никающие в ювенильной ткани при делении и растяжении клеток [34–37]. Первичные устьица

закладываются раньше вторичных, они намного быстрее заканчивают рост, чем окружающие их клетки, а также начинают функционировать при разном состоянии покровной ткани. Для эпидермы листьев типичным является разновременное «созревание» структурных элементов, что приводит к сочетанию в ней разных клеток: делящихся, активно растущих, дифференцирующихся и зрелых. Вероятно, это способствует возникновению полей механических напряжений и деформаций. Помимо того кутикулярная складчатость, вероятно, уменьшает смачиваемость поверхности листа: капли воды вследствие высокого поверхностного натяжения касаются только внешних кромок кутикулярных гребней и скатываются с эпидермы, поэтому споры многих патогенных грибов, которые не очень прочно могли зацепиться за складки кутикулы, легко смываются с поверхности при дождевых осадках [38]. По нашим данным, особенности строения микрорельефа эпидермы листьев *C. oblonga* Mill. обладают высоким уровнем стабильности в пределах вида, что дает возможность использовать их в качестве дополнительного таксономического признака.

Выводы

Исследование кутикулярной складчатости на адаксиальной (верхней) и абаксиальной (нижней) поверхностях листьев *Cydonia oblonga* Mill. проведено с использованием метода сканирующей электронной микроскопии замороженных образцов (криоСЭМ). Этот метод позволяет изучать практически нативные образцы, не подвергшиеся дополнительным процедурам фиксации, которые могли бы привести к появлению артефактов. Поверхность исследованных образцов дикорастущей айвы (*C. oblonga*) имеет некоторые микроструктурные особенности. Независимо от места произрастания листья исследованного вида гипостоматные с аномоцитными устьицами двух типов. Первичные устьица, как правило, большего размера, по сравнению с более мелкими вторичными. Наиболее яркая черта микроморфологии листьев — кутикулярная складчатость в виде микротяжей на основных клетках адаксиальной и абаксиальной эпидермы, а также околоустьичные радиальные тяжи, перистоматические кольца и выступы. При этом первичные устьица и прилегающие к ним клетки имеют более рельефный кутикулярный орнамент. Следует отметить, что наличие нескольких типов кутикулярной складчатости, а также устьичный полиморфизм в листьях дикорастущей айвы являются общими чертами других ранее исследованных видов подсемейства *Ruginae* (Rosaceae).

Адаксиальная и абаксиальная поверхности листовой пластинки различаются не только особенностями строения (наличие или отсутствие

устьиц и трихом), но и спецификой организации микрорельефа. В отличие от адаксиальной, поверхностные структуры абаксиальной эпидермы включают в себя околоустьичные складки разной конфигурации, перистоматические кольца и валики, что обусловлено функциональной нагрузкой эпидермальной ткани. Эти структуры, на наш взгляд, также могут участвовать в формировании устойчивости к биотическим стрессорам, в частности грибной этиологии. При исследовании поверхности листьев с помощью криоСЭМ непосредственно из природных условий можно получить наглядную информацию о структуре и отдельных видах в сообществе микробиоты, что дает немаловажные сведения для оценки их экофизиологического состояния. В настоящей работе, приведены данные об экологии айвы дикорастущей *C. oblonga* Mill. лесного фитоценоза и особенностях тонкого строения эпидермы листьев *C. oblonga* Mill. На наш взгляд, они представляют интерес, как для прикладных, так и для теоретических, прежде всего экологических и мониторинговых исследований, а также для решения ботанических вопросов, касающихся таксономических проблем.

Работа выполнена в рамках госзадания ГБС РАН (№ 122042700002-6).

Список литературы

- [1] Зитте П., Вайлер Э.В., Кадерайт Й.В., Брезински А., Кернер К. Ботаника. Учебник для вузов. Том 1. Клеточная биология. Анатомия. Морфология. М.: Академия, 2007. 368 с.
- [2] Voronkov A.S., Kumachova T.K., Ivanova T.V. Plant Passive Immunity: Micromorphological and Biochemical Features of the Maloideae (Rosaceae) External Tissues // Current Research Trends in Biological Science, 2020, v. 1, pp. 1–16. DOI: 10.9734/bpi/crtbs/v1
- [3] Паутов А.А., Васильева В.А. Роль формы основных клеток эпидермы в морфогенезе листа представителей Hamamelidaceae // Ботанический журнал, 2010. Т. 95. № 5. С. 338–344.
- [4] Pautov A., Ivanova O., Krylova E., Sapach Y., Gussarova G., Bauer S. Role of the outer stomatal ledges in the mechanics of guard cell movements // S. Trees – Structure and Function, 2017, v. 31, no. 1, pp. 125–135.
- [5] Pautov A., Bauer S., Ivanova O., Krylova E., Olga Yakovleva, Sapach Y., Pautova I. Influence of stomatal rings on movements of guard cells // Trees, 2019, t. 33, no. 5, pp. 1459–1474.
- [6] Kumachova T.Kh., Babosha A.V., Ryabchenko A.S., Ivanova T.V., Voronkov A.S. Leaf Epidermis in Rosaceae: Diversity of the Cuticular Folding and Microstructure // Proc. Natl. Acad. Sci., India Sect. B: Biol. Sci., 2021, v. 91(2), pp. 455–470.
- [7] Паутов А.А. Сапач Ю.О., Трухманова Г.Р., Яковлева О.В., Крылова Е.Г., Паутова И.А. Структурное разнообразие устьичных и перистоматических колец. Ботанический журнал, 2022. Т. 107. № 9. С. 869–884.
- [8] Carr S.G.M., Carr D.G. Cuticular features of the Central Australian bloodwoods *Eucalyptus*, section *Corymbosae* (Myrtaceae) // Bot. J. Linn., 1990, v. 102, pp. 123–156.

- [9] Fontenelle G.B., Costa C.G., Machado R.D. Foliar anatomy and micromorphology of eleven species of *Eugenia* L. (Myrtaceae) // *Bot. J. Linn. Soc.*, 1994, v. 116, pp. 111–133. <https://doi.org/10.1006/bojl.1994.1056>
- [10] Akçin Ö.E., Şenel G., Akçin Y. Leaf epidermis morphology of some *Onosma* (Boraginaceae) species from Turkey // *Turk. J. Bot.*, 2013, v. 37, pp. 55–64. <https://doi.org/10.3906/bot-1202-33>
- [11] Паутов А.А., Сапач Ю.О., Иванова О.В., Крылова Е.Г. Микрорельеф поверхности листьев цветковых растений: устьичные кольца и выступы // *Ботанический журнал*, 2014. Т. 99. № 6. С. 625–640.
- [12] Lawal I.O., Olaniyi a. M. B., Rufai a. S.O., Aremu A.O. Comparative assessment of the foliar micromorphology, phytochemicals and elemental composition of two cultivars of *Persea americana* Mill leaves // *Scientific African*, 2021, t. 14, p. e01034.
- [13] Sagaradze V.A., Kalenikova E., Babaeva E. Yu., Trusov N.A. Quantitative Anatomical Characteristics of the Leaf Blades of the Several Species of *Crataegus* L // *Drug development & registration*, 2021, t. 10, no. 4, pp. 138–146.
- [14] Warabieda W., Olszak R.W., Dyki B. Morphological and anatomical characters of apple leaves associated with cultivar susceptibility to spider mite infestation // *Acta Agrobotanica*, 1997, v. 50, no. 1–2, pp. 53–64.
- [15] Ganeva Ts., Uzunova K. Comparative leaf study in species of genus *Malus* Mill. (Rosaceae) // *Botanica Serbica*, 2010, v. 34(1), pp. 45–49.
- [16] Кумахова Т.Х., Воронков А.С., Бабоша А.В., Рябченко А.С. Морфофункциональная характеристика листьев и плодов *Maloideae* Werber (Rosaceae Juss.): а). Микроструктура поверхностных тканей // *Тр. прикладной ботаники, генетики и селекции*, 2019. Т. 180. Вып. 1. С. 105–112.
- [17] de Sousa Silva M., Coutinho Í.A.C., Dalvi V.C. Anatomical and histochemical characterization of glands associated with the leaf teeth in *Rhaphiolepis loquata* BB Liu & J. Wen (Rosaceae Juss.) // *Flora*, 2022, t. 293, p. 152110.
- [18] Муртазалиев З.А. Конспект флоры Дагестана / под ред. Р.В. Камелина. Махачкала: Эпоха, 2009. Т. 2. 248 с.
- [19] Медведев Я.С. Деревья и кустарники Кавказа. Тифлис, 1919.
- [20] Воронов Ю.А. Дикорастущие родичи плодовых деревьев и кустарников кавказского края и Передней Азии // *Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*, 1925. Т. XIV. Вып. 3. С. 31–37.
- [21] Виноградов-Никитин П. Плодовые и пищевые деревья лесов Закавказья // *Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*. Ленинград: [б. и.], 1929. 211 с.
- [22] Вавилов Н.И. Дикие родичи плодовых деревьев Азиатской части СССР и Кавказа и проблема происхождения плодовых деревьев // *Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*, 1931. Т. XXVI. Вып. 3. С. 85.
- [23] Ильинский А.А. Грецкий орех и другие плодовые в лесах дельты реки Самур // *Тр. Даг. сель-хоз. Ин-та*, 1941. Т. 3. С. 141–168.
- [24] Вавилов Н.И., Букин Д.Д. Земледельческий Афганистан. Избранные труды. М.; Л.: Изд-во Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур при СНК СССР; Гос. института опытной агрономии НКЗ РСФСР, 1959. Т. 1. С. 342–353.
- [25] Лихонос Ф.Д., Туз А.С., Лобачев А.Я. Культурная флора СССР. Семечковые (яблоня, груша, айва) / под ред. В.Л. Витковского, О.Н. Коровиной. М.: Колос, 1983. Т. XIV. 320 с.
- [26] Кордон Р.Я. Айва СССР // *Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции*, 1953. № 30. Вып. 1. С. 65–101.
- [27] Жуковский П.М. Происхождение культурных растений и их сородичей. Л.: Наука, 1971. 379 с.
- [28] Potter D., Eriksson T., Evans R.C.Oh.S., Oh S.-H. Phylogeny and classification of Rosaceae // *Plant Syst. Evol.*, 2007, v. 266(1), pp. 5–43.
- [29] Chen X., Cheng T., Li J., Zhang W. Molecular systematics of *Rosoideae* (Rosaceae) // *Plant Systematics and Evolution*, 2020, t. 306, pp. 1–12.
- [30] Sun J., Shi S., Li J., Yu J., Wang L., Yang X., Guo L., Zhou Sh. Phylogeny of *Maleae* (Rosaceae) based on multiple chloroplast regions: implications to genera circumscription // *BioMed Research International*, 2018, t. 2018, article ID 7627191. <https://doi.org/10.1155/2018/7627191>
- [31] Камелин Р.В. Розоцветные (Rosaceae). Барнаул: Изд-во ООО «Алтайские странички», 2006. 100 с.
- [32] Иванова Т.В., Воронков А.С., Кузнецова Э.И., Кумахова Т.Х., Жиров В.К., Цыдендамбаев В.Д. Жирные кислоты липидов перикарпия *Cydonia oblonga* Mill. и *Mespilus germanica* L. вовлекаются в адаптацию растений к условиям высотной поясности // *Докл. Академии наук*, 2019. Т. 486. № 5. С. 620–625.
- [33] Рябченко А.С., Бабоша А.В. Применение термопасты в качестве клеящего и теплопроводящего состава при исследовании биологических образцов на сканирующем электронном микроскопе с использованием замораживающей приставки. Патент № 2445660 от 20.03.2012. Бюл. № 8.
- [34] Паутов А.А. Закономерности филломорфогенеза вегетативных органов растений. СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2009. 219 с.
- [35] Pautov A., Bauer S., Ivanova O., Krylova E., Yakovleva O., Sapach Y., Pautova I. Stomatal rings: structure, functions and origin // *Botanical J. of the Linnean Society*, 2021, t. 195, no. 3, pp. 357–379.
- [36] Babosha A.V., Kumachova, T.K., Ryabchenko A.S., Komarova G.I. Stomata Polymorphism in Leaves of Apple Trees (*Malus domestica* Borkh.) Growing under Mountain and Plain Conditions // *Biology Bulletin*, 2020, v. 47(4), pp. 352–363.
- [37] Babosha A.V., Tamara Kumachova T.K., Andrey Ryabchenko A.S., Komavova G.I. Microrelief of the leaf epidermis and stomatal polymorphism of *Malus orientalis*, *Pyrus caucasica* and *Mespilus germanica* in mountains and plains // *Flora*, 2022, v. 291, p. 152074. DOI: 10.1016/j.flora.2022.152074
- [38] Кумахова Т.Х., Белошапкина О.О., Воронков А.С. Морфофункциональная характеристика листьев и плодов *Maloideae* Werber. (Rosaceae Juss.): б). Роль поверхностных тканей в формировании устойчивости к грибным болезням // *Труды прикладной ботаники, генетики и селекции*, 2019. Т. 180. Вып. 2. С. 95–101. DOI: 10/30901/2227-8834-2019-2-95-101.

Сведения об авторах

Кумахова Тамара Хабаловна[✉] — канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева», tkumachova@yandex.ru

Бабоса Александр Валентинович — д-р биол. наук, гл. науч. сотр. лаборатории физиологии и иммунитета растений, ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук» (ГБС РАН), phimmunitet@yandex.ru

Рябченко Андрей Сергеевич — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаборатории физиологии и иммунитета растений, ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук» (ГБС РАН), marchellos@yandex.ru

Анатов Джалалудин Магомедович — канд. биол. наук, ст. науч. сотр., ФГБУН Горный ботанический сад ДФИЦ РАН, djalal@list.ru

Поступила в редакцию 30.11.2022.

Одобрено после рецензирования 10.01.2023.

Принята к публикации 30.01.2023.

CYDONIA OBLONGA MILL. (ROSACEAE) LEAVES MICRORELIEF OF DAGESTAN FOOTHILLS FOREST PHYTOCENOSES

T.Kh. Kumachova^{1✉}, A.V. Babosha², A.S. Ryabchenko², D.M. Anatov³

¹Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49, Timiryazevskaya st., 127550, Moscow, Russia

²The N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, 4, Botanicheskaya st., 127276, Moscow, Russia

³Mountain Botanical Garden DFRC RAS, 45, M. Gadzhiev st., 367000, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia

tkumachova@yandex.ru

Cryo-scanning electron microscopy was used to study the micromorphology of the leaf surface of the wild-growing *Cydonia oblonga* Mill. (Rosaceae). The only habitat of wild-growing quince in Russia is the southern part of Dagestan. Mountain forest phytocenoses of Dagestan provide unique grounds for studying the adaptive potential of plants, since growing conditions change not only according to the change of seasons, but also directly depend on the altitude above sea level. The adaxial (upper) and abaxial (lower) surfaces of the studied samples have a number of micromorphological and microstructural features. The epidermis on the adaxial and abaxial sides differed not only in structural organization, but also in the specifics of surface micromorphology. The most striking feature of the micromorphology of the adaxial and abaxial sides of the leaf blade surface is cuticular folding in the form of microstrands on the main cells of the epidermis, as well as radial striations, peristomatic rings, and protrusions in the stomata region. Regardless of the habitat of fruit plants, their leaves were hypostomatous with anomocytic stomata of two types (primary and secondary), differing in qualitative and quantitative indicators. The primary stomata had a more prominent cuticular pattern and were also larger than the smaller secondary stomata. It should be noted that the presence of several types of cuticular folding, as well as stomatal polymorphism, are common features of other studied species of the subfamily Pyrinae, early Maloideae (Rosaceae). According to the data obtained, the identified features of cuticular folding are stable within the species and can be used as additional taxonomic characters.

Keywords: microrelief, cuticular folding, stomata, epidermis, wild quince

Suggested citation: Kumachova T.Kh., Babosha A.V., Ryabchenko A.S., Anatov D.M. *Mikrorel'ef poverkhnosti list'ev dikorastushchey ayvy Cydonia oblonga* Mill. (Rosaceae) lesnykh fitotsenozov predgoriy Dagestana [Cydonia oblonga Mill. (Rosaceae) leaves microrelief of Dagestan foothills forest phytocenoses]. Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin, 2023, vol. 27, no. 2, pp. 76–86. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-2-76-86

References

- [1] Sitte P., Weiler E.W., Caderait J.W., Brezinski A., Kerner K. *Botanika. Uchebnik dlya vuzov. Tom 1. Kletochnaya biologiya. Anatomiya. Morfologiya* [Botanica. Textbook for high schools. Vol. 1. Cell biology. Anatomy. Morphology]. Moscow: Academy, 2007, 368 p.
- [2] Voronkov A.S., Kumachova T.K., Ivanova T.V. Plant Passive Immunity: Micromorphological and Biochemical Features of the Maloideae (Rosaceae) External Tissues. *Current Research Trends in Biological Science*, 2020, v. 1, pp. 1–16. DOI: 10.9734/bpi/crtbs/v1
- [3] Pautov A.A., Vasil'eva V.A. *Rol' formy osnovnykh kletok epidermy v morfogeneze lista predstaviteley Hamamelidaceae* [The role of the shape of the main cells of the epidermis in the leaf morphogenesis of representatives of Hamamelidaceae]. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical Journal], 2010, v. 95, no. 5, pp. 338–344.
- [4] Pautov A., Ivanova O., Krylova E., Sapach Y., Gussarova G., Bauer S. Role of the outer stomatal ledges in the mechanics of guard cell movements. *S. Trees – Structure and Function*, 2017, v. 31, no. 1, pp. 125–135.

- [5] Pautov A., Bauer S., Ivanova O., Krylova E., Olga Yakovleva, Sapach Y., Pautova I. Influence of stomatal rings on movements of guard cells. *Trees*, 2019, t. 33, no. 5, pp. 1459–1474.
- [6] Kumachova T.Kh., Babosha A.V., Ryabchenko A.S., Ivanova T.V., Voronkov A.S. Leaf Epidermis in Rosaceae: Diversity of the Cuticular Folding and Microstructure. *Proc. Natl. Acad. Sci., India Sect. B: Biol. Sci.*, 2021, v. 91(2), pp. 455–470.
- [7] Pautov A.A., Sapach Yu.O., Trukhmanova G.R., Yakovleva O.V., Krylova E.G., Pautova I.A. *Strukturnoe raznoobrazie ust'ichnykh i perisomaticheskikh kolets* [Structural diversity of stomatal and perisomatic rings]. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical Journal], 2022, v. 107, no. 9, pp. 869–884.
- [8] Carr S.G.M., Carr D.G. Cuticular features of the Central Australian bloodwoods *Eucalyptus*, section *Corymbosae* (Myrtaceae). *Bot. J. Linn.*, 1990, v. 102, pp. 123–156.
- [9] Fontenelle G.B., Costa C.G., Machado R.D. Foliar anatomy and micromorphology of eleven species of *Eugenia* L. (Myrtaceae). *Bot. J. Linn. Soc.*, 1994, v. 116, pp. 111–133. <https://doi.org/10.1006/bojl.1994.1056>
- [10] Akçin Ö.E., Şenel G., Akçin Y. Leaf epidermis morphology of some *Onosma* (Boraginaceae) species from Turkey. *Turk. J. Bot.*, 2013, v. 37, pp. 55–64. <https://doi.org/10.3906/bot-1202-33>
- [11] Pautov A.A., Sapach Yu.O., Ivanova O.V., Krylova E.G. *Mikrorel'ef poverkhnosti list'ev tsvetkovykh rasteniy: ust'ichnye kol'tsa i vystupy* [Microrelief of the surface of leaves of flowering plants: stomatal rings and protrusions]. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical Journal], 2014, v. 99, no. 6, pp. 625–640.
- [12] Lawal I.O., Olaniyi a. M. B., Rufai a. S.O., Aremu A.O. Comparative assessment of the foliar micromorphology, phytochemicals and elemental composition of two cultivars of *Persea americana* Mill leaves. *Scientific African*, 2021, t. 14, p. e01034.
- [13] Sagaradze V.A., Kalenikova E., Babaeva E. Yu., Trusov N.A. Quantitative Anatomical Characteristics of the Leaf Blades of the Several Species of *Crataegus* L. *Drug development & registration*, 2021, t. 10, no. 4, pp. 138–146.
- [14] Warabieda W., Olszak R.W., Dyki B. Morphological and anatomical characters of apple leaves associated with cultivar susceptibility to spider mite infestation. *Acta Agrobotanica*, 1997, v. 50, no. 1–2, pp. 53–64.
- [15] Ganeva Ts., Uzunova K. Comparative leaf study in species of genus *Malus* Mill. (Rosaceae). *Botanica Serbica*, 2010, v. 34(1), pp. 45–49.
- [16] Kumachova T.Kh., Voronkov A.S., Babosha A.V., Ryabchenko A.S. *Morfofunktsional'naya kharakteristika list'ev i plodov Maloideae Werber (Rosaceae Juss.): a. Mikrostruktura poverkhnostnykh tkaney* [Morphofunctional characteristics of leaves and fruits of Maloideae Werber (Rosaceae Juss.): a. Microstructure of surface tissues]. *Trudy prikladnoy botaniki, genetike i selektsii* [Proceedings of Applied Botany, Genetics and Breeding], 2019, v. 180, iss. 1, pp. 105–112.
- [17] de Sousa Silva M., Coutinho Í.A.C., Dalvi V.C. Anatomical and histochemical characterization of glands associated with the leaf teeth in *Rhaphiolepis loquata* BB Liu & J. Wen (Rosaceae Juss.). *Flora*, 2022, t. 293, p. 152110.
- [18] Murtazaliev Z.A. *Konspekt flory Dagestana* [Synopsis of the flora of Dagestan]. Ed. R.V. Camelin. Makhachkala: Epoch, 2009, v. 2, 248 p.
- [19] Medvedev Ya.S. *Derev'ya i kustarniki Kavkaza* [Trees and shrubs of the Caucasus]. Tiflis, 1919.
- [20] Voronov Yu.A. *Dikorastushchie rodichi plodovykh derev'ev i kustarnikov kavkazskogo kraya i Peredney Azii* [Wild-growing relatives of fruit trees and shrubs of the Caucasian region and Western Asia]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* [Works on applied botany, genetics and breeding], 1925, v. XIV, iss. 3, pp. 31–37.
- [21] Vinogradov-Nikitin P. *Plodovye i pishchevye derev'ya lesov Zakavkaz'ya* [Fruit and food trees of the forests of Transcaucasia]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* [Works on applied botany, genetics and breeding]. Leningrad, 1929, 211 p.
- [22] Vavilov N.I. *Dikie rodichi plodovykh derev'ev Aziatskoy chasti SSSR i Kavkaza i problema proiskhozhdeniya plodovykh derev'ev* [Wild relatives of fruit trees in the Asian part of the USSR and the Caucasus and the problem of the origin of fruit trees]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* [Works on applied botany, genetics and breeding], 1931, t. XXVI, iss. 3, p. 85.
- [23] Il'inskiy A.A. *Gretskiy orekh i drugie plodovye v lesakh del'ty reki Samur* [Walnut and other fruit trees in the forests of the Samur river delta]. *Tr. Dag. sel'-khoz. In-ta* [Proceedings of the Dagestan agricultural Institute], 1941, v. 3, pp. 141–168.
- [24] Vavilov N.I., Bukinich D.D. *Zemledel'cheskiy Afganistan. Izbrannyye trudy* [Agricultural Afghanistan. Selected works]. Moscow; Leningrad: All-Union Institute of Applied Botany and New Cultures under the Council of People's Commissars of the USSR; State. Institute of Experimental Agronomy NKZ RSFSR, 1959, t. 1, pp. 342–353.
- [25] Likhonos F.D., Tuz A.S., Lobachev A.Ya. *Kul'turnaya flora SSSR. Semechkovye (yablonya, grusha, ayva)* [Cultural flora of the USSR. Pome fruits (apple, pear, quince)]. Ed. V.L. Vitkovskiy, O.H. Korovina. Moscow: Kolos, 1983, t. XIV, 320 p.
- [26] Kordon R.Ya. *Ayva SSSR* [Quince USSR]. *Tr. po prikl. botanike, genetike i selektsii* [Works on applied botany, genetics and breeding], 1953, no. 30, iss. 1, pp. 65–101.
- [27] Zhukovskiy P.M. *Proiskhozhdenie kul'turnykh rasteniy i ikh sorodichi* [Origin of cultivated plants and their relatives]. Leningrad: Nauka, 1971, 379 p.
- [28] Potter D., Eriksson T., Evans R.C.Oh.S., Oh S.-H. Phylogeny and classification of Rosaceae. *Plant Syst. Evol.*, 2007, v. 266(1), pp. 5–43.
- [29] Chen X., Cheng T., Li J., Zhang W. Molecular systematics of Rosoideae (Rosaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 2020, t. 306, pp. 1–12.
- [30] Sun J., Shi S., Li J., Yu J., Wang L., Yang X., Guo L., Zhou Sh. Phylogeny of Maleae (Rosaceae) based on multiple chloroplast regions: implications to genera circumscription. *BioMed Research International*, 2018, t. 2018, article ID 7627191. <https://doi.org/10.1155/2018/7627191>
- [31] Kamelin R.V. *Rozotsvetnye (Rosaceae)* [Rosaceae (Rosaceae)]. Barnaul: OOO Altai Pages, 2006, 100 p.
- [32] Ivanova T.V., Voronkov A.S., Kuznetsova E.I., Kumachova T.Kh., Zhirov V.K., Tsydendambaev V.D. *Zhirnye kisloty lipidov perikarpiya Cydonia oblonga Mill. i Mespilus germanica L. vovlekayutsya v adaptatsiyu rasteniy k usloviyam vysokoy poyasnosti* [Fatty acids of lipids of the pericarp of *Cydonia oblonga* Mill. and *Mespilus germanica* L. are involved in plant adaptation to the conditions of altitudinal zonality]. *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], 2019, v. 486, no. 5, pp. 620–625.
- [33] Ryabchenko A.S., Babosha A.V. Primenenie termopasty v kachestve kleyashchego i teploprovodyashchego sostava pri issledovanii biologicheskikh obraztsov na skaniruyushchem elektronnom mikroskope s ispol'zovaniem zamorazhivayushchey pristavki [The use of thermal paste as an adhesive and heat-conducting composition in the study of biological samples on a scanning electron microscope using a freezing attachment]. Patent no. 2445660, 20.03.2012. *Bull.* no. 8.

- [34] Pautov A.A. Zakonomernosti filomorfogeneza vegetativnykh organov rasteniy [Patterns of phylomorphogenesis of the vegetative organs of plants]. St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg University, 2009, 219 p.
- [35] Pautov A., Bauer S., Ivanova O., Krylova E., Yakovleva O., Sapach Y., Pautova I. Stomatal rings: structure, functions and origin. Botanical J. of the Linnean Society, 2021, t. 195, no. 3, pp. 357–379.
- [36] Babosha A. V., Kumachova T. K., Ryabchenko A. S., Komarova G. I. Stomata Polymorphism in Leaves of Apple Trees (*Malus domestica* Borkh.) Growing under Mountain and Plain Conditions // Biology Bulletin, 2020, v. 47(4), pp. 352–363.
- [37] Babosha A.V., Tamara Kumachova T.K., Andrey Ryabchenko A.S., Komavova G.I. Microrelief of the leaf epidermis and stomatal polymorphism of *Malus orientalis*, *Pyrus caucasica* and *Mespilus germanica* in mountains and plains. Flora, 2022, v. 291, p. 152074. DOI: 10.1016/j.flora.2022.152074
- [38] Kumakhova T.Kh., Beloshapkina O.O., Voronkov A.S. Morfofunktsional'naya kharakteristika list'ev i plodov Maloideae Werber. (Rosaceae Juss.): B). Rol' poverkhnostnykh tkaney v formirovaniy ustoychivosti k gribnym boleznyam [Morphofunctional characteristics of leaves and fruits of Maloideae Werber. (Rosaceae Juss.): B). The role of surface tissues in the formation of resistance to fungal diseases]. Trudy prikladnoy botaniki, genetike i selektsii [Proceedings of Applied Botany], Genetics and selection, 2019, v. 180, iss. 2, pp. 95–101. DOI: 10/30901/2227-8834-2019-2-95-101

This study was carried out under Institutional research project No. 122042700002-6 of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia).

Author's information

Kumakhova Tamara Khabalovna ✉ — Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, tkumachova@yandex.ru

Babosha Aleksandr Valentinovich — Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher of the Laboratory of Physiology and Plant Immunity, N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences, phimmunitet@yandex.ru

Ryabchenko Andrey Sergeevich — Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher Laboratory of Physiology and Plant Immunity, N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences, marchellos@yandex.ru

Anatov Dzhahaludin Magomedovich — Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Mountain Botanical Garden of the Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, djatal@list.ru

Received 30.11.2022.

Approved after review 10.01.2023.

Accepted for publication 30.01.2023.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest