

УДК 581.821.1
DOI: 10.26456/vtbio267

СТРОЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *AMELANCHIER* MEDIK. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO* И НА ЭТАПЕ АДАПТАЦИИ*

Е.Н. Раева-Богословская, О.И. Молканова, Ю.К. Виноградова,
Ю.Н. Горбунов

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва

Адаптивная способность растения *in vitro* во многом зависит от строения листовой пластинки. Устьичный аппарат, а также другие элементы эпидермиса могут играть решающую роль в устойчивости растения к различным стрессовым факторам. Однако данные, отражающие строение эпидермиса листа у таксонов *Amelanchier* Medik (Ирга), в научной литературе представлены неполно и фрагментарно. Целью работы является установление закономерностей изменения структурных элементов листовой пластинки регенерантов, относящихся к различным видам рода Ирга, в культуре *in vitro* и *ex vitro*. Для изучения особенностей развития устьичного аппарата проведено сравнение листовых пластинок в различных условиях культивирования: *in vitro* и на этапе адаптации. Использован метод исследования отпечатков устьиц по Полаччи. Морфометрические признаки устьиц (длина полярной оси и экваториальный диаметр) измеряли с помощью цифрового микроскопа Keyence VHX-1000E на лаковых репликах с листьев срединной формации. Все представители рода *Amelanchier* вне зависимости от условий культивирования имеют гипостоматический тип листа. Все образцы характеризовались аномоцитным типом строения устьичного аппарата, на этапе собственно клонального микроразмножения единично встречался анизокитный тип устьиц. Отмечено, что форма устьиц при переходе из культуры *in vitro* в *ex vitro* почти у всех изучаемых представителей рода *Amelanchier*, кроме ×*Amelasorbis*, изменялась от округлой к эллиптической. У ×*Amelasorbis* данный показатель достоверно не изменился, отношение полярной оси к экваториальному диаметру меньше 1,5. Установлены статистически значимые различия между площадью устьичного аппарата у культивируемых эксплантов и растений, прошедших изменения под действием абиотического стресса. Относительная площадь транспирации снизилась у ×*Amelasorbis* в 3,5 раза, у *A. canadensis* почти в 2 раза, у *A. alnifolia* - в 1,5 раза.

Ключевые слова: *Amelanchier*, *in vitro*, *ex vitro*, устьичный аппарат.

* Работа выполнена при поддержке госзаданий № 122042700002-6 и 122042600141-3

Введение. Род Ирга *Amelanchier* Medik. относится к семейству Розовые (Rosaceae), подсемейству Яблоневые (*Maloideae*) и включает от 24 до 28 видов, распространенных в умеренной зоне Северного полушария, в основном, в Северной Америке (ITIS, 2022; POWO, 2022).

Ирга относится к перспективным для России культурам. Растение устойчиво к различным абиотическим факторам и характеризуется рядом хозяйственно ценных признаков (Куклина, 2007; Герасимова, 2017). Плоды пригодны для переработки, высокое содержание антоциана дает возможность использовать их в качестве натурального красителя (Архипова, 2006; Хромов, 2007; Лисовец, 2019). Наличие полезных для человека биологически активных веществ и антиоксидантные свойства позволяют рекомендовать иргу для применения в лекарственных целях (Лаксаева, 2013). В России кустарник известен, по большей части, как плодовая культура и редко встречается в качестве элемента ландшафтной композиции. Однако в Европе, Канаде и США данное растение активно используют как декоративное благодаря весеннему цветению и яркой осенней окраске листьев.

Одной из основных задач растениеводства является расширение ассортимента возделываемых культур. Решение этой задачи заключается во введении в коммерческое производство растений с высоким биоресурсным потенциалом из других регионов. Внедрение новых культиваров в широкое использование зависит от способа получения посадочного материала и адаптивной способности интродуцированного вида.

На сегодняшний день одним из высокотехнологичных методов получения посадочного материала является клональное микроразмножение. Для многих плодовых и декоративных растений уже разработаны протоколы культивирования в условиях *in vitro* (Кильчевский, 2012). Данный способ позволяет не только эффективнее использовать площади питомника и уменьшить сроки выращивания стандартных саженцев на 1-3 года в зависимости от вида растения, но и сохранять в коллекции *in vitro* редкие генотипы (Малаева, 2016).

Адаптивная способность растения во многом зависит от строения листовой пластинки. Многие авторы сходятся во мнении, что устьичный аппарат, а также другие элементы эпидермиса могут играть решающую роль в устойчивости растения к различным стрессовым факторам (Киселева, 2009; Папихин, Дубровский, 2011; Кутас, 2012; Кумахова, Воронкова и др., 2019; Vinogradova, 2019). Наиболее критическим этапом в технологии клонального микроразмножения является адаптация растений к условиям *ex vitro*. Гибель регенерантов на этом этапе связана с рядом анатомических и физиологических

особенностей, которые они приобретают в условиях повышенной влажности. Такие растения отличаются снижением работы устьичного аппарата, отвечающего за транспирацию, что ведет к быстрой потере влаги (Blanke, 1989).

Имеются сообщения об изучении листьев в культуре *in vitro* и *ex vitro* различных видов растений (Кутас, 2012; Rogova, Ganeva et al., 2015; Егорова, Виноградова и др., 2016; Aliniaefard, Asayesh, Driver, 2020; Tilkat, Hoşgören, 2020). Исследователи выявляют факторы, влияющие на формирование и работу устьичного аппарата, с целью увеличения выхода адаптированных растений. Помимо этого, микроморфологические особенности эпидермиса могут служить дополнительными диагностическими признаками для разграничения таксонов. Это доказано на примере других видов двудольных – *Solidago* L., *Cydonia oblonga* Mill., *Pseudocydonia sinensis* (Thouin) C.K. Schneid., *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl.ex Spach и т.д. (Vinogradova, Riabchenko et al., 2018; Vinogradova, Grygorieva, Vergun, 2019, 2020; Виноградова, 2021).

Анатомо-морфологическое строение листовой пластинки Ирги практически не изучено. Для *Amelanchier ovalis* Medic. установлен ксеноморфный тип строения эпидермиса, что объясняет высокую приспособляемость *A. ovalis* к различному диапазону высот при произрастании в горных условиях (Ganeva, 2010). При изучении *Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch выявлены признаки, характерные как для других растений семейства розоцветные (простые одноклеточные толстостенные, с гладкой поверхностью трихомы), так и совокупность отличительных признаков, характерных именно для этого вида (мезофилл содержит кристаллические включения оксалата кальция – друзы; жилки листа окружены кристаллоносной обкладкой оксалата кальция) (Дроздова, 2019). Таким образом, в научной литературе представлено недостаточно данных, отражающих строение эпидермиса листа у таксонов *Amelanchier* Medik., что делает актуальными исследования в данном направлении. Целью работы является установление закономерностей изменения структурных элементов листовой пластинки регенерантов, относящихся к различным видам рода Ирга, на этапе адаптации.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования использованы различные представители рода *Amelanchier* Medik.: *A. alnifolia* Nutt. ex M.Roem., *A. canadensis* (L.) Medik, ×*Amelasorbus* Rehder (= *A. alnifolia*×*Sorbus scopulina* Greene).

Изучение особенностей развития устьичного аппарата проводили в два этапа:

1. Размножение в условиях *in vitro* изучаемых объектов на питательной среде Murasige and Skooga (1962) с добавлением 1,0 мг/л

6-бензиламинопурина. Листья с микропобегов отбирали через два месяца после переноса на свежую питательную среду.

2. Адаптация уже укорененных растений-регенерантов в условиях теплицы. Листья для анализа изменений характеристик устьиц собраны с растений через 2 месяца после адаптации.

На всех этапах исследования использован метод отпечатков устьиц по Полаччи. Метод основан на получении тонкой прозрачной пленки с отпечатками (репликами) устьиц при помощи нанесения прозрачного лака на поверхность листа. Морфометрические признаки устьиц (длина полярной оси и экваториальный диаметр) измеряли с помощью цифрового микроскопа Keyence VHX-1000E на лаковых репликах с листьев срединной формации в не менее чем 5 полях зрения. Статистические данные обрабатывались в пакете программ для анализа данных – PAST 2.17с.

Результаты. Процесс адаптации регенерантов обеспечивается перестройкой структурно-функциональной организации различных частей растения под действием изменившихся условий культивирования. Особенности листовой пластинки и её пластичность могут характеризовать адаптивную способность вида.

У всех изучаемых представителей рода *Amelanchier* Medik. вне зависимости от окружающих условий (*in vitro* или адаптированное растение) устьица находились только на абаксиальной (нижней) стороне листовой пластинки, что является признаком гипостоматического типа листа (Лотова, 2001) (рис. 1).



Рис. 1. Верхняя сторона листовой пластинки *A. alnifolia*

Все образцы характеризовались, в основном, аномоцитным типом устьиц, то есть замыкающие клетки устьица были окружены неопределенным количеством побочных клеток, которые не отличались от основных клеток эпидермы. Данный тип устьичного аппарата наблюдается у многих двудольных растений (Лотова, 2001). Однако, в наших исследованиях у листьев, отобранных из асептических условий, иногда встречался и анизокитный тип устьиц (рис 2).



Рис. 2. Анизокитные (А) и аномоцитные (Б) типы устьичного аппарата у *A. alnifolia*

Морфометрические данные по размерам устьиц приведены в таблице 1. Коэффициент вариации (CV) морфометрических признаков у большинства образцов находится в пределах от 13 до 20%, что по шкале С.А. Мамаева говорит о среднем уровне изменчивости признаков (Мамаева, 1972). Исключение составляют полярные оси устьиц у *A. alnifolia in vitro*, *A. canadensis ex vitro*, \times *Amelasorbus in vitro* и *ex vitro*, которые характеризовались низким уровнем изменчивости (CV от 8 до 12%).

Таблица 1

Морфометрические показатели размеров и формы устьиц

		<i>A. canadensis in vitro</i>	<i>A. canadensis ex vitro</i>	<i>A. alnifolia in vitro</i>	<i>A. alnifolia ex vitro</i>	\times <i>Amelasorbus in vitro</i>	\times <i>Amelasorbus ex vitro</i>
Полярная ось (L), мкм	min	28,2	29,5	30,6	29,1	25,7	24,5
	max	44,8	43	43,8	40,1	39,3	33,3
	CV, %	13	9	9	8	10	8
	M \pm m	37,6 \pm 0,9	36,2 \pm 0,5	35,6 \pm 0,6	34,7 \pm 0,5	31,9 \pm 0,5	28,6 \pm 0,4
Экваториальный диаметр (D), мкм	min	16,7	15,6	21,9	15,7	18,9	14,8
	max	41,2	34,7	34,6	28,8	38,6	29,7
	CV, %	13	16	9	14	10	11
	M \pm m	32,9 \pm 0,9	22,6 \pm 0,7	29,6 \pm 0,5	21,9 \pm 0,6	28,5 \pm 0,7	21,9 \pm 0,4
Форма (L/D)	min	0,8	1,1	1	1,2	0,8	1
	max	1,7	2,1	1,4	2,3	1,6	1,9
	CV, %	14	14	11	14	14	13
	M \pm m	1,2 \pm 0,0	1,6 \pm 0,0	1,2 \pm 0,0	1,6 \pm 0,0	1,1 \pm 0,0	1,3 \pm 0,0

В условиях *in vitro* максимальными показателями по длине полярной оси (L) и экваториального диаметра (D) характеризовался *A. canadensis* (37,6 \pm 0,9 и 32,9 \pm 0,9, соответственно), минимальными – \times *Amelasorbus* (31,9 \pm 0,5 и 28,5 \pm 0,7). В условиях *ex vitro* наибольшие показатели L и D (36,2 \pm 0,5; 22,6 \pm 0,7) также наблюдали у *A. canadensis*, а наименьшие у \times *Amelasorbus* (28,6 \pm 0,4 и 21,9 \pm 0,4). Средняя длина полярной оси у *A. canadensis* и *A. alnifolia* существенно не различалась на различных этапах, в то время как у \times *Amelasorbus* на этапе адаптации она стала ниже. После этапа адаптации у всех изучаемых генотипов средняя длина экваториального диаметра устьица значительно снизилась.

Форму устьиц определяли как отношение полярной оси (L) к экваториальному диаметру (D). Округлыми считаются устьица, у которых соотношение L/D лежит в пределах 1,0–1,4, а эллиптическими – 1,5–2. Таким образом, у всех образцов, взятых из культуры *in vitro*, отмечена округлая форма устьиц, а у собранных с адаптированных

растений, кроме $\times Amelastorbus$, – эллиптическая, при этом у *A. alnifolia* выявлен низкий уровень вариации данного признака.

Исходя из измерений полярной оси и экваториального диаметра, можно рассчитать площадь одного устьица по формуле $S = \pi * L * D / 4$. На рисунке 3 визуализированы площади одного устьица и форма устьица в различных условиях у отобранных образцов

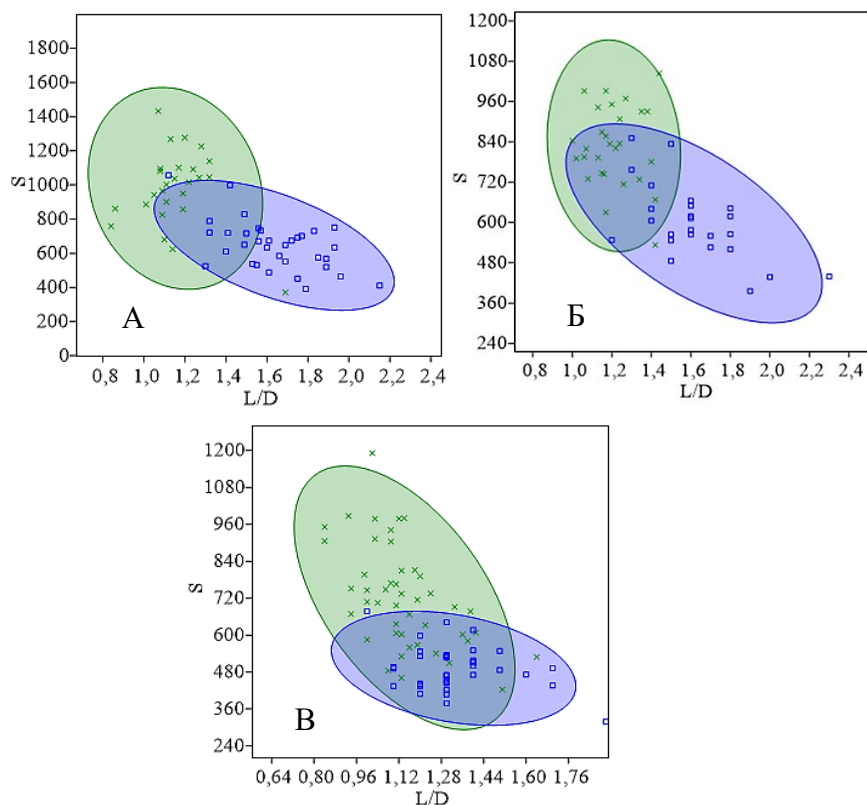


Рис. 3. Площадь одного устьица (мкм^2) и форма устьица у различных представителей рода Ирга *in vitro* (зеленый цвет) и *ex vitro* (синий цвет): А – *A. canadensis*; Б – *A. alnifolia*; В – $\times Amelastorbus$

Наибольшими площадями в стерильной культуре характеризовались устьица *A. canadensis* – $980,0 \pm 43,5 \text{ мкм}^2$, наименьшей – $\times Amelastorbus$ ($721,0 \pm 24,7 \text{ мкм}^2$). В условиях *ex vitro* сохранялось аналогичное соотношение площадей устьичного аппарата: *A. canadensis* отличался максимальной площадью ($646,5 \pm 25,0 \text{ мкм}^2$), а $\times Amelastorbus$ – минимальной ($491,8 \pm 11,6 \text{ мкм}^2$). Максимальное число устьиц в одном поле зрения наблюдали у $\times Amelastorbus$ *in vitro* – 9,2 шт., минимальное у $\times Amelastorbus$ *ex vitro* –

3,8 шт. В процессе адаптации к нестерильным условиям у всех видов площадь устьичного аппарата снизилась в 1,5 раза.

Зная площадь и число устьиц в поле зрения, можно рассчитать относительную площадь транспирации по формуле $I_{ot} = \frac{\sum nS}{\sum S_f} * 100\%$, где n – число устьиц в поле зрения, S – площадь одного устьица, а S_f – площадь одного поля зрения (37272,04 мкм²) (Vinogradova, 2019). Наибольшее изменение относительной площади транспирации отмечено у *Amelatorbus* (от 17,5% в культуре *in vitro* до 5,0% после адаптации). Относительная площадь транспирации у *A. canadensis* снизилась почти вдвое (с 17,1% до 9,7%), в то время как у *A. alnifolia* – в 1,5 раза (с 12,4% до 8,0%).

Выводы. На этапе клонального микроразмножения таксоны рода *Amelanchier* не имеют диагностических различий по признакам устьичного аппарата. У всех представителей рода *Amelanchier* листья гипостоматические, и устьица находятся только на абаксиальной стороне листовой пластинки.

Тип устьичного аппарата, в основном, аномоцитный, единично встречается анизоцитный тип у листьев, отобранных из стерильных условий.

В ходе адаптации и у *A. canadensis*, и у *A. alnifolia* меняется форма устьиц: в условиях *in vitro* устьица округлые, тогда как в условиях *ex vitro* устьица приобретают эллиптическую форму.

Amelatorbus быстрее адаптируется к меняющимся условиям среды, в сравнении с *A. alnifolia* и *A. canadensis*: в условиях *ex vitro* площадь одного устьица и число устьиц ниже, из-за чего снижается площадь транспирации.

Список литературы

- Архипова Т.Н., Крылова Н.В. 2006. Пюре из мелкоплодных сибирских яблок и ирги // Садоводство и виноградарство. С. 12-13.
- Виноградова Ю.К. 2021. Строение устьичного аппарата видов рода *Impatiens* // Бюлл. Гл. ботан. сада 2021. Вып. 207. № 1. С.40-45.
- Герасимова Е.Ю. 2017. Эколого-биологическая оценка видового состава и методы создания зеленых насаждений с использованием интродуцентов в условиях степной зоны Южного Урала: на примере Оренбургской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 19 с.
- Дроздова И.Л., Трембала Я.С. 2019. Изучение микродиагностических признаков листа ирги колосистой (*Amelanchier spicata* (Lam.) С. Koch.) // Курский научно-практический вестник человек и здоровье. Курск: Курский государственный медицинский университет. № 3. С. 79-86.
- Егорова Д.А., Виноградова Ю.К., Горбунов Ю.Н., Молканова О.И. 2016. Клональное микроразмножение и оценка адаптивной способности

- белоцветковой формы *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. // Вестник Удмуртского ун-та. Сер. Биология. Науки о земле. Т. 26. № 4. С. 25-31.
- Кильчевский А.В. 2012. Генетические основы селекции растений. В 4 т. Т. 3. Биотехнология в селекции растений. Клеточная инженерия Минск: Беларус. навука. 489 с.
- Киселева Н.С. 2009. Оценка адаптационной способности различных генотипов груши по морфоанатомическому и физиологическому состоянию листьев // Сельхозбиология. № 3. С. 34-38.
- Куклина А.Г. 2007. Жимолость, ирга. М.: Ниола-пресс. 240 с.
- Кумахова Т.Х., Воронкова А.С., Бабоша А.В., Рябченко А.С. 2019. Морфофункциональная характеристика листьев и плодов Maloideae (Rosaceae): Микроструктура поверхностных тканей // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. СПб.: ФГБНУ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. Т. 180. № 1. С. 105-112.
- Кутас Е.Н. 2012. Адаптация регенерантов интродуцированных сортов голубики высокой и брусники обыкновенной, регенерированных в культуре *in vitro*, к условиям *ex vitro* // Голубиководство в Беларуси: итоги и перспективы: сб. тр. науч.-практ. конф. Минск. С. 29-35
- Лаксаева Е.А., Сычев И.А. 2013. Влияние полисахарида ирги обыкновенной на резистентность мембран эритроцитов. // Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова / Рязан. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова. С. 65-68.
- Лисовец Т.А., Мельникова Е.В. 2019. Получение порошка из ягод ирги для использования в кондитерских изделиях // Проблемы современной аграрной науки: сб. трудов междунар. науч. конференции, 15 октября, Красноярск. С. 341-345.
- Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений 2001. М.: Эдиториал УРСС. 528 с.
- Малаева Е.В., Молканова О.И., Коновалова Л.Н. 2016. Использование биотехнологических методов для ускоренного размножения ягодных культур // Плодоводство и ягодоводство России. М.: ФГБНУ ВСТИСП. Т. 45. С. 103-108.
- Мамев С.А. 1972. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М.: Наука. 284 с.
- Папихин Р.В., Дубровский М.Л., Кружков А.В. 2011. Цитоанатомический анализ устьиц у сортов и форм абрикоса для оценки потенциала засухоустойчивости // Плодоводство и ягодоводство России. М.: Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства. Т. 28. № 2. С. 123-129.
- Хромов Н.В. 2007. Оценка генофонда ирги по хозяйственно-биологическим признакам и технология размножения в условиях Тамбовской области: автореф. дис. канд. ... с.-х. наук. 23 с.
- Aliniaiefard S., Asayesh Z.M., Driver J. 2020. Stomatal features and desiccation responses of Persian walnut leaf as caused by *in vitro* stimuli aimed at stomatal closure // Trees. V. 34. P. 1219-1232.

- Blanke M.M. 1989. Stomata of apple leaves cultured *in vitro* // Plant. Cell. Tissue and Organ Culture. V. 19. № 1. P. 85-89.
- Ganeva T., Uzunova K. 2010 Leaf Epidermis Structure in *Amelanchier ovalis* Medic. (Rosaceae) // Biotechnology & Biotechnological Equipment. V. 24. Sup. 1. P. 36-38.
- ITIS. 2022. Integrated Taxonomic Information System / Published on the Internet / Accessed 04.08.2022.
- POWO. 2022. Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew / Published on the Internet; <https://powo.science.kew.org/> Accessed 04.08.2022
- Rogova M., Ganeva T., Stefanova M., Koleva D., K.-Toteva Vol. 2015. Morphoanatomical study of *in vitro* propagated and *ex vitro* adapted *Achillea thracica* velen. Plants // Bulgarian Journal of Agricultural Science. V. 21. P. 947-950.
- Tilkat E., Hoşgören, H., Kaplan A., Tilkat E. 2020. Stomatal and morphological characteristics of micropropagated pistachio // Journal of the Institute of Science and Technology. V. 10(2). P. 799-807.
- Vinogradova Yu.K., Grygorieva O.V., Vergun E.N. 2020. Stomatal structure in *Symphyotrichum* Nees species as an additional index of invasiveness // Russian Journal of Biological Invasions. V. 12. № 1. P. 27-35
- Vinogradova Yu., Grygorieva O. Vergun, Olena. 2019. Stomatal Structure in *Solidago* L. species as the index of their adaptation opportunities // Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality. V. 3. P. 101-110.
- Vinogradova Yu., Riabchenko A., Gorbunov Yu., Grygorieva O., Brindza J. 2018. Characteristic of stomata for *Cydonia oblonga* Mill., *Pseudocydonia sinensis* (Thouin) C.K. Schneid. and *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl.ex Spach species // Annals of the Romanian Society for Cell Biology. V. 22. Is. 2. P.18-25.

**STRUCTURE OF THE LEAF BLADE
OF AMELANCHIER MEDIK. PLANTS
IN VITRO AND AT THE ADAPTATION STAGE**

E.N. Raeva-Bogoslovskaya, O.I. Molkanova, Yu.K. Vinogradova
Tsitsin Main Botanical Garden RAS, Moscow

The adaptive ability of a plant *in vitro* largely depends on the structure of the leaf blade. The stomatal apparatus and other elements of the epidermis can play a decisive role in plant resistance to various stress factors. Data reflecting the structure of the leaf epidermis of the taxa *Amelanchier* Medik (serviceberry) are incomplete and fragmentary in the scientific literature. The purpose of the work is to establish patterns of changes in the structural elements of regenerants leaf blade of the genus *Amelanchier* *in vitro* and *ex vitro*. To study the features of the development of the stomatal apparatus, we compared leaf blades under various cultivation conditions: *in vitro* and at the

stage of adaptation. The method of studying the imprints of stomata according to Polacci was used. Morphometric features of stomata (polar axis length and equatorial diameter) were measured using a Keyence VHX-1000E digital microscope on lacquer replicas from leaves of the median formation. All representatives of the genus *Amelanchier*, regardless of cultivation conditions, have a hypostomatic leaf type. All samples were characterized by the anomocytic type of stomatal apparatus structure; at the stage of proper clonal micropropagation, the anisocytic type of stomata was encountered sporadically. It was noted that the shape of stomata during the transition from *in vitro* to *ex vitro* culture in almost all studied representatives of the genus *Amelanchier*, except for *×Amelasorbus*, changed from round to elliptical. In *×Amelasorbus*, this indicator did not change significantly; the ratio of the polar axis to the equatorial diameter was less than 1,5. Statistically significant differences were established between the area of the stomatal apparatus in cultivated explants and plants that underwent changes under the influence of abiotic stress. The relative transpiration area decreased by 3,5 times in *×Amelasorbus*, by almost 2 times in *A. canadensis*, and by 1,5 times in *A. alnifolia*.

Keywords: *Amelanchier Medik., in vitro, ex vitro, stomatal apparatus.*

Об авторах:

РАЕВА-БОГОСЛОВСКАЯ Екатерина Николаевна – младший научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая д. 4; e-mail: katyaraeva@rambler.ru.

МОЛКАНОВА Ольга Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая д. 4; e-mail: molkanova@mail.ru.

ВИНОГРАДОВА Юлия Константиновна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая д. 4; e-mail: gbsad@mail.ru.

ГОРБУНОВ Юрий Николаевич – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая д. 4; e-mail: gbsran@mail.ru.

Раева-Богословская Е.Н. Строение структурных элементов листовой пластинки представителей рода *Amelanchier* Medik. в культуре *in vitro* и на этапе адаптации / Е.Н. Раева-Богословская, О.Н. Молканова, Ю.К. Виноградова, Ю.Н. Горбунов // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 71-81.