

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Научная статья

УДК 634.12:581.45:[581.132+581.116]

DOI: 10.30901/2227-8834-2026-1-09

Анализ морфофизиологических показателей
листового аппарата видов яблони в Центрально-Черноземном
регионе РоссииМ. Л. Дубровский¹, А. В. Шлявас², А. В. Кружков¹, Н. Л. Чурикова¹, И. Н. Шамшин¹¹ Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, РоссияАвтор, ответственный за переписку: Максим Леонидович Дубровский, element68@mail.ru

Актуальность. Дикорастущие виды рода *Malus* Mill. и их гибриды имеют важное значение как генетические источники устойчивости к болезням и вредителям в селекции сортов и клоновых подвоев яблони. В связи с этим интродуцированные генотипы должны сопровождаться многолетним комплексным изучением для оценки эффективности акклиматизации и возможности дальнейшего использования в селекционном процессе.

Материалы и методы. Материалом для исследования служили 24 образца – дикорастущие виды яблони и полученные на их основе гибриды. Определены основные морфологические и физиологические показатели листьев. Для оценки степени вариабельности изученных признаков рассчитывали коэффициент вариации, соотношение максимальных и минимальных средних арифметических значений.

Результаты. Выявлены существенные различия морфологических и физиологических показателей листового аппарата. Среди морфологических показателей наименьшей изменчивостью характеризовался листовой индекс ($C_v = 13,2\%$), наибольшей – площадь листовых пластинок ($C_v = 32,0\%$). Между соответствующими значениями площади и линейных размеров листовых пластинок отмечены положительные корреляции высокого уровня ($R = 0,72...0,93$). В течение вегетационного периода значения эффективного квантового выхода фотосистемы II отличались меньшей вариабельностью ($C_v = 16,5...37,6\%$), чем значения устьичной проводимости ($C_v = 37,5...50,1\%$). Не выявлено корреляций высокого и среднего уровня показателей интенсивности фотосинтеза и транспирации во все периоды проведения их измерения. Максимальной стабильностью показателей фотосинтеза и транспирации ($C_v < 15\%$) характеризовались три образца яблони: *M. niedzwetzkyana* Dieck (к-29424), *M. sylvestris* (L.) Mill. (к-6144) и гибрид 14-1 (*M. sieboldii* × смесь пыльцы клоновых подвоев).

Заключение. Листовой аппарат изученных образцов яблони характеризуется существенными различиями морфологических и физиологических показателей, которые можно использовать как маркерные признаки для оценки степени гетерогенности видов.

Ключевые слова: дикорастущие виды, генетическая коллекция *Malus* Mill., интродукция, отдаленная гибридизация, межвидовые гибриды, листья, фотосинтез, устьичная транспирация

Благодарности: работа выполнена в рамках государственных заданий: (1) № 1023051100007-2-4.1.1 (FESU-2023-0007) «Разработка инновационных методов получения, анализа и отбора отдаленных гибридов рода *Malus* Mill. и их хозяйственно-биологическая оценка» при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ за счет средств федерального бюджета с использованием оборудования Центра коллективного пользования Мичуринского ГАУ «Селекция сельскохозяйственных культур и технологии производства, хранения и переработки продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения»; (2) согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2025-0004 «Совершенствование подходов и методов *ex situ* сохранения идентифицированного генофонда вегетативно размножаемых культур и их диких родичей, разработка технологий их эффективного использования в селекции».

Для цитирования: Дубровский М.Л., Шлявас А.В., Кружков А.В., Чурикова Н.Л., Шамшин И.Н. Анализ морфофизиологических показателей листового аппарата видов яблони в Центрально-Черноземном регионе России. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2026;187(1):9-20. DOI: 10.30901/2227-8834-2026-1-09

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы. Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы.

© Дубровский М.Л., Шлявас А.В., Кружков А.В., Чурикова Н.Л., Шамшин И.Н., 2026

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2026-1-o9

Analysis of morphophysiological indicators in the leaf apparatus of apple-tree species in the Central Black Earth Region of Russia

Maxim L. Dubrovsky¹, Anna V. Shlyavas², Andrey V. Kruzhkov¹, Nataliya L. Churikova¹, Ivan N. Shamshin¹¹ Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, RussiaCorresponding author: Maxim L. Dubrovsky, element68@mail.ru

Background. Wild species of *Malus* Mill. and their hybrids are important as genetic sources of disease and pest resistance in the breeding of apple cultivars and clonal rootstocks. Therefore, introduced genotypes should be accompanied by a long-term comprehensive study to assess the effectiveness of acclimatization and the potential for further utilization in breeding programs.

Materials and methods. The study involved 24 apple-tree accessions – wild species and their hybrids. Main morphological and physiological parameters of leaves were analyzed. To assess the degree of variability of the studied indicators, variation coefficients and ratios of the maximum to minimum arithmetic means were calculated.

Results. Significant differences were found in the morphological and physiological parameters of the leaf apparatus. Among the morphological indicators, the leaf index showed the least variability ($C_v = 13.2\%$), while the leaf blade area showed the greatest span ($C_v = 32.0\%$). Highly positive correlations were observed between the corresponding values of the area and linear dimensions of leaf blades ($R = 0.72...0.93$). During the growing season, the effective quantum yield of photosystem II showed less variability ($C_v = 16.5...37.6\%$) than stomatal conductance ($C_v = 37.5...50.1\%$). No correlations of high and medium levels were found between the photosynthesis and transpiration intensity rates during any of the measurement periods during the growing season. Three apple-tree genotypes demonstrated maximum stability of photosynthesis and transpiration parameters ($C_v < 15\%$): *M. niedzwetzkyana* Dieck (k-29424), *M. sylvestris* (L.) Mill. (k-6144), and hybrid 14-1 (*M. sieboldii* × pollen mixture from apple-tree rootstocks).

Conclusion. The leaf apparatus of the studied apple-tree accessions exhibited significant differences in its morphological and physiological indicators. They can be used as marker traits to assess the degree of the species' heterogeneity.

Keywords: wild species, genetic collection of *Malus* Mill., introduction, distant hybridization, interspecific hybrids, leaves, photosynthesis, stomatal transpiration

Acknowledgments: the work was done within the framework of the state tasks: (1) No. 1023051100007-2-4.1.1 (FESU-2023-0007) "Development of innovative methods for obtaining, analyzing and selecting distant hybrids of the genus *Malus* Mill., and their economic and biological assessment" supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation from the federal budget using the equipment of the Collective Use Center of Michurinsk State Agrarian University "Breeding of Agricultural Crops and Technologies of Production, Storage and Processing of Food Products for Functional Nutrition and for Medicinal and Prophylactic Treatment"; (2) the theme plan of VIR, Project No. FGEM-2025-0004 "Improving the approaches and methods for *ex situ* conservation of the identified genetic diversity of vegetatively propagated crops and their wild relatives, and development of technologies for their effective utilization in plant breeding".

For citation: Dubrovsky M.L., Shlyavas A.V., Kruzhkov A.V., Churikova N.L., Shamshin I.N. Analysis of morphophysiological indicators in the leaf apparatus of apple-tree species in the Central Black Earth Region of Russia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2026;187(1):9-20. (In Russ.). DOI: 10.30901/2227-8834-2026-1-o9

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work. The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors or their employers.

Введение

Яблоня является основной плодовой культурой в мире. За значительный исторический период ее выращивания во многих регионах мира сформировался обширный генофонд, представленный сортами, подвоями, элитными формами и гибридами различного происхождения. Если естественная эволюция представителей рода *Malus* Mill. в различных центрах происхождения протекала согласно природным закономерностям, то сортимент яблони и особенности производственного получения ее посадочного материала формировались в соответствии с развитием технологий плодоводства (Budagovsky, 1976; Sedov, 2005, 2007). В настоящее время приоритет в мире принадлежит высокоурожайным интенсивным насаждениям яблони высокой плотности посадки на слаборослых клоновых подвоях, которые характеризуются растениями со сдержанным ростом кроны, что облегчает многие операции ухода за ними и позволяет получать крупные, интенсивно окрашенные плоды.

В Мичуринском государственном аграрном университете (Мичуринский ГАУ) более 80 лет реализуется уникальная комплексная программа селекции зимостойких слаборослых клоновых подвоев яблони (Budagovsky, 1976; Trunov et al., 2020). По состоянию на 2025 г. в Государственном реестре сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию на территории России, районировано 57 клоновых подвоев яблони, из них 29 – селекции Мичуринского ГАУ (State register..., 2024). Несмотря на значительные успехи в данном направлении, до сих пор нельзя утверждать о получении универсального клонового подвоя для производственных насаждений яблони в мире. Значительные различия эколого-географических условий садоводческих регионов мира, неблагоприятные и слабопрогнозируемые климатические изменения, расширение ареалов основных вредителей и возбудителей болезней плодовых культур не позволяют создать идеальные сорта и клоновые подвои яблони для долгосрочного производства как в глобальном масштабе, так и для территорий конкретных континентов. В связи с этим актуально продолжение селекционных программ с целью получения новых высокоустойчивых и продуктивных сортов и клоновых подвоев яблони. Одним из наиболее эффективных методов селекции является отдаленная гибридизация с использованием лучших образцов мирового генофонда рода *Malus* в качестве источника генов комплекса ценных хозяйственно-биологических признаков (Budagovsky, 1976; Barsukova, 2018).

В результате длительного эволюционного процесса многочисленные виды яблони освоили различные географические и природно-климатические регионы мира, существенно различающиеся по комплексу условий (Langenfeld, 1991). В процессе развития научных ботанических и селекционных исследований, декоративного садоводства оказалась возможной интродукция видов рода *Malus* (Barsukova, 2012, 2018; Ponomarenko V., Ponomarenko K., 2013; Shlyavas, 2017). Если условия новой территории оказываются благоприятными для нормального роста, развития и размножения растения-интродуцента, то его акклиматизация в итоге проходит успешно. При неблагоприятных условиях введенный видовой образец может погибнуть. Вследствие этого расширение генетических коллекций за счет интродуцируемых видов всегда должно сопровождаться их многолетним комплексным изучением для оценки эффективности ак-

климатизации и возможности дальнейшего использования в селекционном процессе.

Цель исследования: оценка основных количественных морфофизиологических показателей листового аппарата у видов и межвидовых гибридов яблони при интродукции в Центрально-Черноземный регион России (Тамбовская область).

Материалы и методы

Биологическими объектами исследования служили дикорастущие виды яблони различного генетического и эколого-географического происхождения и полученные на их основе гибриды – 23 образца из полевой коллекции Майкопской опытной станции – филиала ВИР и 1 гибридный сеянец селекции Мичуринского государственного аграрного университета. Образцы генетической коллекции видовых и гибридных форм яблони являются, согласно системе В. Г. Лангенфельда (Langenfeld, 1991), представителями четырех секций: *Gymnomeles* Koehe – Ягодные яблони; *Sorbomalus* Zabel – Рябиновидные яблони; *Chloromeles* (Decne.) Rehder – Зеленоплодные яблони; *Malus* Langenf. – Настоящие яблони.

На территории Тамбовской области, входящей в состав Центрально-Черноземного региона России, все изучаемые образцы являются интродуцентами (табл. 1).

Все изучаемые образцы в августе 2019 г. были размножены в питомнике Мичуринского ГАУ методом окулировки на клоновом подвое 54-118, а затем, весной 2022 г., двухлетними саженцами высажены в коллекционно-гибридный сад для дальнейшего изучения и использования в селекционных программах в качестве родительских форм. Каждый образец представлен тремя растениями, возделываемыми на территории городского округа г. Мичуринска Тамбовской области.

Исследования проводились в 2023–2025 гг. в Мичуринском ГАУ. При возделывании растений в саду провели стандартные агротехнические мероприятия (систематическое механизированное культивирование почвы дисковым в междурядьях, окашивание травы в приствольных полосах в ряду без использования гербицидов). Почва опытного поля – выщелоченный среднемощный чернозем со средним содержанием гумуса 4,7–5,0%. Минеральные и органические удобрения не использовали, исключив фактор дополнительного питания растений.

Среди морфологических показателей листьев у изучаемой коллекции анализировали длину, ширину и площадь листовой пластинки, а также листовой индекс. Для этого собранные в конце июля листья в количестве 50 шт. с каждого образца сканировали на планшетном сканере при одинаковом разрешении, а затем полученные файлы изображений открывали в графическом редакторе ImageJ, в котором после проведения их бинаризации и загрузки профиля масштабирования получали расчетную таблицу показателей. Листовой индекс (индекс формы листа) определяли как отношение длины к ширине листовой пластинки.

Среди основных физиологических показателей, отражающих функциональную активность растений яблони в период вегетации, анализировали эффективный квантовый выход фотосистемы II ($\Phi PSII$) и устьичную проводимость (G_{sw}) с помощью порометра-хлорофиллфлуориметра LI-COR LI-600PF (LI-COR, США), позволяющего одновременно измерять оба параметра на листовых пластинках. Для изучения динамики показателей интенсивности фотосинтеза и транспирации проводили три серии

Таблица 1. Характеристики изучаемых образцов генетической коллекции видовых и гибридных форм яблони Мичуринского государственного аграрного университета

Table 1. Characteristics of the studied accessions from the genetic collection of apple-tree species and hybrid forms maintained at Michurinsk State Agrarian University

Образец, номер каталога ВИР / Accession, VIR catalogue No.	Видовая принадлежность образца по системе В. Г. Лангенфельда / Species affiliation of the accession according to V. G. Langenfeld's system	Природный ареал / Area of natural distribution	Источник получения образца / Origin of the accession
Sectio <i>Gynnomemes</i> Koehne – Ягодные яблони			
Яблоня ягодная (сибирская) – <i>Malus baccata</i> (L.) Borkh., к-2319	<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.	Восточная Сибирь, Забайкалье, Дальний Восток	Майкопская опытная станция – филиал ВИР
Я. Палласа – <i>M. pallasiana</i> Juz., к-14957A	<i>M. baccata</i> f. <i>baccata</i> Rehder	Восточная Сибирь, Дальний Восток, Китай	-/-
Я. маньчжурская – <i>M. mandshurica</i> (Maxim.) Kom., к-41277	<i>M. mandshurica</i> (Maxim.) Kom.	Дальний Восток	-/-
Я. хубейская – <i>M. hupehensis</i> (Pamp.) Rehder, к-43206	<i>M. hupehensis</i> (Pamp.) Rehder	Китай, Бирма, Индия	-/-
Я. вишнеплодная, разновидность золотая – <i>M. × cerasifera</i> var. <i>aurantiaca</i> Spach, к-2314 (<i>M. × prunifolia</i> (Juz.) Langenf. × <i>M. baccata</i>)	<i>M. × cerasifera</i> Spach	Центральная Азия, Восточная Европа	-/-
Я. мощная – <i>M. × robusta</i> (Carr.) Rehder, к-43198 (<i>M. baccata</i> × <i>M. × prunifolia</i>)	<i>M. × robusta</i> (Carr.) Rehder	Северный Китай	-/-
Sectio <i>Sorbotomus</i> Zabel – Рябиновидные яблони			
Я. Зибольда – <i>M. sieboldii</i> (Regel) Rehder × Спарган, к-41289	–	–*	-/-
Гибрид 14-1 (<i>M. sieboldii</i> × смесь пыльцы клоновых подвоев яблони)	–	–*	Мичуринский ГАУ
Я. Цуми – <i>M. × zumi</i> (Matsum.) Rehder, к-41272 (<i>M. mandshurica</i> × <i>M. sieboldii</i>)	<i>M. × zumi</i> (Matsum.) Rehder	Япония, США	Майкопская опытная станция – филиал ВИР
Я. Шейдекера – <i>M. × sheideckeri</i> Zabel, к-2407 (<i>M. × floribunda</i> Siebold × <i>M. × prunifolia</i>)	<i>M. × sheideckeri</i> Zabel	–*	-/-
Sectio <i>Chloromeles</i> (Desne.) Rehder – Зеленоплодные яблони			
Я. вечноная – <i>M. coronaria</i> (L.) Mill., к-2336	<i>M. coronaria</i> (L.) Mill.	Северная Америка	-/-
Я. айовская – <i>M. ioensis</i> (Wood) Britt., к-2352	<i>M. ioensis</i> (Wood) Britt.	Северная Америка (центр США)	-/-

Таблица 1. Окончание
Table 1. The end

Образец, номер каталога ВИР / Accession, VIR catalogue No.	Видовая принадлежность образца по системе В. Г. Лангенфельда / Species affiliation of the accession according to V. G. Langenfeld's system	Природный ареал / Area of natural distribution	Источник получения образца / Origin of the accession
Sectio <i>Malus</i> Langenf. – Настоящие яблони			
Я. Недзвецкого – <i>M. niedzwetzkyana</i> Dieck, к-2389	<i>M. sieversii</i> f. <i>niedzwetzkyana</i> (Dieck) Langenf.	Средняя Азия (Китай – регион Тянь-Шань)	-/-
Я. Недзвецкого – <i>M. niedzwetzkyana</i> Dieck, к-29424	-/-	Средняя Азия (Китай – регион Тянь-Шань)	-/-
Я. пурпурная, разновидность Элея – <i>M. × purpurea</i> var. <i>eleyi</i> (Bean) Rehder, к-2394	не представлен	–*	-/-
Я. пурпурная, плакучая форма – <i>M. × purpurea</i> f. <i>pendula</i> (Bean) Rehder, к-2396	не представлен	–*	-/-
Я. Сиверса – <i>M. sieversii</i> (Ledeb.) M.J. Roem., к-13275	<i>M. sieversii</i> (Ledeb.) M. J. Roem.	Средняя Азия, Казахстан	-/-
Я. кашмирская – <i>M. caspiensis</i> Langenf., к-14943	<i>M. caspiensis</i> Langenf.	Китай (регион Западные Гималаи)	-/-
Я. туркменов – <i>M. turkmenorum</i> Juz. et M. Pop., к-13283	<i>M. orientalis</i> subsp. <i>turkmenorum</i> (Juz. et M. Pop.) Langenf.	Средняя Азия	-/-
Я. восточная – <i>M. orientalis</i> (Uglitz.) Juz., к-2339	<i>M. orientalis</i> (Uglitz.) Juz.	Кавказ, Малая Азия	-/-
Я. восточная – <i>M. orientalis</i> 74-10, к-29483	-/-	Кавказ	-/-
Я. сливолистная (китайская) – <i>M. × prunifolia</i> (Juz.) Langenf., к-2380	<i>M. × prunifolia</i> (Juz.) Langenf.	Китай	-/-
Я. лесная – <i>M. sylvestris</i> (L.) Mill., к-6144	<i>M. sylvestris</i> (L.) Mill.	Центральная и Восточная Европа, Передняя Азия	-/-
Я. азиатская, разновидность Ринго, пирамидальная ремонтирующая форма – <i>M. asiatica</i> var. <i>ringo</i> f. <i>fastigiata bifera</i> , к-2343	<i>M. asiatica</i> var. <i>rinki</i> Asami	Китай, Корея	-/-

Примечание: * – искусственно полученный гибрид, в природе не встречается

Note: * – an artificially obtained hybrid that does not occur in natural environments

измерений: в начале вегетации растений (первая декада июня), в середине вегетации (третья декада июля) и перед окончанием вегетации (первая декада сентября), а затем на основании полученных данных рассчитывали среднее значение соответствующего параметра за вегетационный период и коэффициент его вариации.

Все полученные значения количественных показателей обработаны общепринятыми методами математической статистики (Dospikhov, 1985) с использованием программной вычислительной среды Microsoft Office Excel 2016 и Statistica 10.0. Для оценки степени вариабельности изученных признаков рассчитывали коэффициент вариации, а также соотношение максимальных и минимальных (max/min) средних арифметических значений, выделенных жирным шрифтом в соответствующих таблицах.

Результаты и обсуждение

Результаты интродукции и последующей акклиматизации исходных форм яблони имеют большое значение для планирования и успешного проведения селекционного процесса. Наиболее устойчивые формы могут стать источниками ценных генов и принять участие в получении значительного количества растительного материала для дальнейшего искусственного отбора.

Настоящее исследование включает 24 образца яблони, однако исходное количество образцов видов в кол-

лекции было более многочисленным. В процессе интродукции в условиях Тамбовской области сохранились не все изначально высаженные в коллекционно-гибридный сад дикорастущие образцы яблони: в течение 2024–2025 гг. после повреждений зимнего периода погибли растения сибирской ягодной яблони *M. baccata* (к-2333); обильноцветущей *M. × floribunda* Siebold (к-2346); низкой, или карликовой *M. pumila* Mill. (к-2383); пурпурной *M. × purpurea* (Bean) Rehder (к-2392). Очевидно, данные образцы оказались восприимчивы к возвратным морозам, наступившим сразу после оттепелей, в связи с чем их дальнейший рост и развитие оказались невозможными в условиях Центрально-Черноземного региона.

Среди морфологических показателей листьев изученных образцов наибольшей изменчивостью характеризовалась площадь листовых пластинок – различие между минимальным и максимальным средним значением у генотипов составило 3,4 раза, коэффициент вариации равен 32,0% (табл. 2). В качестве показателя с наиболее стабильными значениями отмечен листовой индекс ($C_v = 13,2\%$), при этом различие его средних значений составило 1,8 раза – от $1,28 \pm 0,09$ единиц у *M. sylvestris* (L.) Mill. (к-6144) до $2,35 \pm 0,12$ у *M. orientalis* (Uglitz.) Juz. (к-29483). При анализе гибридного потомства, полученного с участием дикорастущих видов яблони, можно использовать данные показатели как маркерные фенотипические признаки для оценки степени его гетерогенности.

Таблица 2. Морфологические показатели листьев у изучаемых образцов яблони

Table 2. Morphological leaf indicators of the studied apple-tree accessions

Образец, номер каталога ВИР / Accession, VIR catalogue No.	Площадь листовой пластинки, см ² / Leaf blade area, cm ²	Длина листовой пластинки, см / Leaf blade length, cm	Ширина листовой пластинки, см / Leaf blade width, cm	Листовой индекс / Leaf index
Sectio <i>Gymnomeles</i> Koehne				
<i>Malus baccata</i> , к-2319	23,61 ± 1,92	7,79 ± 0,75	4,27 ± 0,15	1,82 ± 0,17
<i>M. pallasiana</i> ., к-14957A	17,85 ± 0,85	7,52 ± 0,37	3,44 ± 0,19	2,20 ± 0,10
<i>M. mandshurica</i> , к-41277	20,93 ± 1,42	6,49 ± 0,37	4,48 ± 0,16	1,46 ± 0,10
<i>M. hupehensis</i> , к-43206	14,64 ± 1,80	6,19 ± 0,45	3,26 ± 0,18	1,90 ± 0,07
<i>M. × cerasifera</i> var. <i>aurantiaca</i> , к-2314	15,89 ± 1,20	6,71 ± 0,29	3,65 ± 0,16	1,84 ± 0,03
<i>M. × robusta</i> , к-43198	14,27 ± 0,55	5,68 ± 0,35	3,48 ± 0,17	1,66 ± 0,14
Sectio <i>Sorbomalus</i> Zabel				
<i>M. sieboldii</i> × Спартан, к-41289	22,85 ± 2,42	7,78 ± 0,61	4,10 ± 0,19	1,89 ± 0,08
Гибрид 14-1	22,95 ± 0,46	8,02 ± 0,32	4,19 ± 0,08	1,92 ± 0,10
<i>M. × zumi</i> ., к-41272	15,79 ± 0,84	6,53 ± 0,27	3,24 ± 0,31	2,06 ± 0,14
<i>M. × sheideckeri</i> , к-2407	16,10 ± 0,63	6,48 ± 0,16	3,65 ± 0,28	1,81 ± 0,12
Sectio <i>Chloromeles</i> (Decne.) Rehder				
<i>M. coronaria</i> , к-2336	14,09 ± 1,48	5,67 ± 0,50	3,42 ± 0,14	1,66 ± 0,16
<i>M. ioensis</i> , к-2352	33,57 ± 3,13	8,66 ± 0,42	5,38 ± 0,50	1,64 ± 0,09

Таблица 2. окончание

Table 2. The end

Образец, номер каталога ВИР / Accession, VIR catalogue No.	Площадь листов- вой пластинки, см ² / Leaf blade area, cm ²	Длина листовой пластинки, см / Leaf blade length, cm	Ширина листов- вой пластинки, см / Leaf blade width, cm	Листовой ин- декс / Leaf index
Sectio <i>Malus</i> Langenf.				
<i>M. niedzwetzkyana</i> , к-2389	17,47 ± 1,33	6,65 ± 0,63	3,70 ± 0,09	1,80 ± 0,18
<i>M. niedzwetzkyana</i> , к-29424	16,57 ± 0,70	6,43 ± 0,26	4,16 ± 0,20	1,55 ± 0,03
<i>M. × purpurea</i> var. <i>eleyi</i> , к-2394	11,37 ± 0,37	5,77 ± 0,23	2,97 ± 0,06	1,95 ± 0,09
<i>M. × purpurea</i> f. <i>pendula</i> , к-2396	16,68 ± 1,65	6,76 ± 0,35	3,60 ± 0,18	1,88 ± 0,08
<i>M. sieversii</i> , к-13275	10,47 ± 1,17	4,84 ± 0,40	2,92 ± 0,22	1,68 ± 0,15
<i>M. caspiensis</i> , к-14943	17,20 ± 1,20	6,25 ± 0,27	3,79 ± 0,09	1,65 ± 0,06
<i>M. turkmenorum</i> , к-13283	11,29 ± 1,14	5,57 ± 0,22	2,83 ± 0,16	1,99 ± 0,12
<i>M. orientalis</i> , к-2339	12,44 ± 1,13	4,99 ± 0,27	3,37 ± 0,17	1,48 ± 0,06
<i>M. orientalis</i> 74-10, к-29483	9,87 ± 0,61	5,71 ± 0,14	2,44 ± 0,07	2,35 ± 0,12
<i>M. × prunifolia</i> , к-2380	14,79 ± 1,07	5,92 ± 0,52	3,40 ± 0,19	1,74 ± 0,10
<i>M. sylvestris</i> , к-6144	11,59 ± 0,97	4,34 ± 0,22	3,44 ± 0,22	1,28 ± 0,09
<i>M. asiatica</i> var. <i>ringo fastigiata bifera</i> , к-2343	14,66±1,04	6,09±0,36	3,45±0,12	1,77±0,11
Статистические показатели в изучаемой генетической коллекции / Statistical indicators in the studied genetic collection				
Вариабельность значений по- казателя (max/min), раз / Variability of the indicator values (max/min), times	3,4	2,0	2,2	1,8
Среднее арифметическое зна- чение и его ошибка / Arithmetic mean and its error (M ± m)	16,54 ± 1,08	6,37 ± 0,21	3,61 ± 0,12	1,79 ± 0,05
Дисперсия показателя / Variance of the indicator (σ ²)	27,94	1,08	0,37	0,06
Коэффициент вариации / Coefficient of variation (C _v), %	32,0	16,3	16,9	13,2

У изучаемых образцов яблони между соответствующими значениями показателей площади и линейных размеров листовых пластинок отмечены положительные корреляции высокого уровня: длины – 0,89, ширины – 0,93, при этом коэффициент корреляции длины и ширины листовых пластинок оказался равен 0,72. Статистическая взаимосвязь площади и линейных размеров листовых пластинок часто используется для быстрой оценки листовой поверхности без сканирования листьев (Sala et al., 2015). При этом между листовым индексом и площадью листовых пластинок отмечена отрицательная корреляция низкого уровня ($R = -0,10$).

Фотосинтез и транспирация являются основными физиологическими процессами любого растительного организма, поэтому любые их отклонения от нормы свидетельствуют об изменении функциональной активно-

сти генотипа и могут являться диагностическими показателями.

У изученных образцов яблони из четырех секций среднее значение эффективного квантового выхода второй фотосистемы (ФС II), отражающего удельную фотосинтетическую активность листьев, за весь вегетационный период отмечено на уровне $0,678 \pm 0,023$ относительных единиц при коэффициенте вариации 16,6%. Значения данного показателя в изучаемой коллекции при измерении в начале, середине и по окончании вегетации растений изменялись в 2,3–3,8 раза (табл. 3).

Среднее за сезон значение устьичной проводимости составило $0,252 \pm 0,016$ ммоль м² с⁻¹ при 3,8-кратном различии показателя в выборке и коэффициенте вариации на уровне 30,9% (табл. 4). В начале вегетации вариабельность значений устьичной проводимости, отражающей

Таблица 3. Динамика удельной фотосинтетической активности изучаемых образцов яблони за вегетационный период**Table 3.** Dynamics of specific photosynthetic activity in the studied apple-tree accessions during the growing season

Образец, номер каталога ВИР / Accession, VIR catalogue No.	Эффективный квантовый выход фотосистемы II ($\phi PSII$), относительные единицы / Effective quantum yield of photosystem II ($\phi PSII$), relative units			
	начало вегетации / start of the growing season	середина вегетации / middle of the growing season	окончание вегетации / end of the growing season	среднее за период вегетации / mean for the growing season
Сectio <i>Gymnomeles</i> Koehne				
<i>Malus baccata</i> , к-2319	0,716 ± 0,010	0,640 ± 0,017	0,725 ± 0,021	0,694 ± 0,027
<i>M. pallasiana</i> , к-14957А	0,580 ± 0,071	0,693 ± 0,036	0,765 ± 0,005	0,679 ± 0,054
<i>M. mandshurica</i> , к-41277	0,459 ± 0,054	0,735 ± 0,016	0,550 ± 0,050	0,581 ± 0,081
<i>M. hupehensis</i> , к-43206	0,623 ± 0,058	0,780 ± 0,006	0,765 ± 0,009	0,723 ± 0,050
<i>M. × cerasifera</i> var. <i>aurantiaca</i> , к-2314	0,320 ± 0,109	0,747 ± 0,009	0,678 ± 0,013	0,579 ± 0,131
<i>M. × robusta</i> , к-43198	0,580 ± 0,071	0,693 ± 0,036	0,765 ± 0,005	0,679 ± 0,054
Сectio <i>Sorbomalus</i> Zabel				
<i>M. sieboldii</i> Спартан, к-41289	0,590 ± 0,077	0,618 ± 0,073	0,728 ± 0,013	0,645 ± 0,042
Гибрид 14-1	0,683 ± 0,014	0,538 ± 0,112	0,688 ± 0,073	0,636 ± 0,049
<i>M. × zumi</i> , к-41272	0,697 ± 0,011	0,565 ± 0,068	0,210 ± 0,046	0,491 ± 0,145
<i>M. × sheideckeri</i> , к-2407	0,719 ± 0,012	0,705 ± 0,009	0,733 ± 0,010	0,719 ± 0,008
Сectio <i>Chloromeles</i> (Decne.) Rehder				
<i>M. coronaria</i> , к-2336	0,420 ± 0,089	0,670 ± 0,012	0,693 ± 0,058	0,594 ± 0,087
<i>M. ioensis</i> , к-2352	0,727 ± 0,028	1,990 ± 1,338	0,698 ± 0,029	1,138 ± 0,426
Сectio <i>Malus</i> Langenf.				
<i>M. niedzwetzkyana</i> , к-2389	0,610 ± 0,059	0,673 ± 0,068	0,663 ± 0,061	0,648 ± 0,019
<i>M. niedzwetzkyana</i> , к-29424	0,690 ± 0,022	0,743 ± 0,006	0,615 ± 0,068	0,683 ± 0,037
<i>M. × purpurea</i> var. <i>eleyi</i> , к-2394	0,483 ± 0,071	0,750 ± 0,007	0,740 ± 0,015	0,658 ± 0,087
<i>M. × purpurea</i> f. <i>pendula</i> , к-2396	0,619 ± 0,031	0,740 ± 0,013	0,768 ± 0,009	0,709 ± 0,046
<i>M. sieversii</i> , к-13275	0,676 ± 0,050	0,730 ± 0,014	0,708 ± 0,009	0,704 ± 0,016
<i>M. caspiensis</i> , к-14943	0,699 ± 0,011	0,738 ± 0,003	0,730 ± 0,039	0,722 ± 0,012
<i>M. turkmenorum</i> , к-13283	0,550 ± 0,061	0,740 ± 0,009	0,730 ± 0,030	0,673 ± 0,062
<i>M. orientalis</i> , к-2339	0,651 ± 0,027	0,533 ± 0,101	0,725 ± 0,012	0,636 ± 0,056
<i>M. orientalis</i> 74-10, к-29483	0,623 ± 0,014	0,528 ± 0,019	0,692 ± 0,007	0,614 ± 0,048
<i>M. × prunifolia</i> , к-2380	0,623 ± 0,058	0,780 ± 0,006	0,765 ± 0,009	0,723 ± 0,050
<i>M. sylvestris</i> , к-6144	0,550 ± 0,075	0,668 ± 0,021	0,738 ± 0,013	0,652 ± 0,055
<i>M. asiatica</i> var. <i>ringo fastigiata bifera</i> , к-2343	0,652 ± 0,021	0,727 ± 0,015	0,715 ± 0,006	0,698 ± 0,023
Статистические показатели в изучаемой генетической коллекции / Statistical indicators in the studied genetic collection				
Вариабельность значений показателя (max/min), раз / Variability of the indicator values (max/min), times	2,3	3,8	3,7	2,3
Среднее арифметическое значение и его ошибка / Arithmetic mean and its error ($\bar{M} \pm m$)	0,606 ± 0,021	0,739 ± 0,057	0,691 ± 0,023	0,678 ± 0,023
Дисперсия показателя / Variance of the indicator (σ^2)	0,010	0,077	0,013	0,013
Коэффициент вариации / Coefficient of variation (C_v), %	16,9	37,6	16,5	16,6

Таблица 4. Динамика устьичной проводимости у изучаемых образцов яблони за вегетационный период**Table 4.** Dynamics of stomatal conductance in the studied apple-tree accessions during the growing season

Образец, номер каталога ВИР / Accession, VIR catalogue No.	Устьичная проводимость (G_{sw}), ммоль·м ⁻² ·с ⁻¹ / Stomatal conductance (G_{sw}), mmol·m ⁻² ·s ⁻¹			
	начало вегетации / start of the growing season	середина вегетации / middle of the growing season	окончание вегетации / end of the growing season	среднее за период вегетации / mean for the growing season
Sectio <i>Gymnomeles</i> Koehne				
<i>Malus baccata</i> , к-2319	0,174 ± 0,021	0,315 ± 0,029	0,128 ± 0,009	0,206 ± 0,056
<i>M. pallasiana</i> , к-14957A	0,438 ± 0,049	0,364 ± 0,027	0,269 ± 0,038	0,357 ± 0,049
<i>M. mandshurica</i> , к-41277	0,567 ± 0,115	0,338 ± 0,036	0,236 ± 0,009	0,380 ± 0,098
<i>M. hupehensis</i> , к-43206	0,222 ± 0,021	0,440 ± 0,065	0,032 ± 0,012	0,231 ± 0,118
<i>M. × cerasifera</i> var. <i>aurantiaca</i> , к-2314	0,338 ± 0,021	0,224 ± 0,023	0,177 ± 0,027	0,246 ± 0,048
<i>M. × robusta</i> , к-43198	0,005 ± 0,002	0,185 ± 0,014	0,121 ± 0,006	0,104 ± 0,053
Sectio <i>Sorbomalus</i> Zabel				
<i>M. sieboldii</i> Спартан, к-41289	0,143 ± 0,035	0,157 ± 0,030	0,205 ± 0,033	0,168 ± 0,019
Гибрид 14-1	0,432 ± 0,077	0,393 ± 0,087	0,342 ± 0,051	0,389 ± 0,026
<i>M. × zumi</i> , к-41272	0,164 ± 0,017	0,163 ± 0,018	0,252 ± 0,061	0,193 ± 0,030
<i>M. × sheideckeri</i> , к-2407	0,196 ± 0,016	0,297 ± 0,024	0,445 ± 0,062	0,313 ± 0,072
Sectio <i>Chloromeles</i> (Decne.) Rehder				
<i>M. coronaria</i> , к-2336	0,378 ± 0,062	0,086 ± 0,033	0,147 ± 0,017	0,204 ± 0,089
<i>M. ioensis</i> , к-2352	0,047 ± 0,006	0,411 ± 0,056	0,079 ± 0,009	0,179 ± 0,116
Sectio <i>Malus</i> Langenf.				
<i>M. niedzwetzkyana</i> , к-2389	0,261 ± 0,023	0,261 ± 0,025	0,089 ± 0,009	0,204 ± 0,057
<i>M. niedzwetzkyana</i> , к-29424	0,348 ± 0,048	0,343 ± 0,063	0,285 ± 0,092	0,325 ± 0,020
<i>M. × purpurea</i> var. <i>eleyi</i> , к-2394	0,120 ± 0,031	0,142 ± 0,030	0,156 ± 0,025	0,139 ± 0,010
<i>M. × purpurea</i> f. <i>pendula</i> , к-2396	0,310 ± 0,051	0,303 ± 0,011	0,218 ± 0,035	0,277 ± 0,030
<i>M. sieversii</i> , к-13275	0,405 ± 0,048	0,277 ± 0,061	0,152 ± 0,022	0,278 ± 0,073
<i>M. caspiensis</i> , к-14943	0,338 ± 0,021	0,224 ± 0,023	0,172 ± 0,026	0,245 ± 0,049
<i>M. turkmenorum</i> , к-13283	0,122 ± 0,020	0,299 ± 0,073	0,221 ± 0,040	0,214 ± 0,051
<i>M. orientalis</i> , к-2339	0,315 ± 0,023	0,351 ± 0,042	0,193 ± 0,057	0,286 ± 0,048
<i>M. orientalis</i> 74-10, к-29483	0,348 ± 0,017	0,375 ± 0,024	0,234 ± 0,035	0,319 ± 0,043
<i>M. × prunifolia</i> , к-2380	0,353 ± 0,069	0,528 ± 0,052	0,118 ± 0,011	0,333 ± 0,119
<i>M. sylvestris</i> , к-6144	0,177 ± 0,021	0,137 ± 0,024	0,156 ± 0,019	0,157 ± 0,012
<i>M. asiatica</i> var. <i>ringo fastigiata bifera</i> , к-2343	0,362 ± 0,026	0,319 ± 0,035	0,200 ± 0,028	0,294 ± 0,048
Статистические показатели в изучаемой генетической коллекции / Statistical indicators in the studied genetic collection				
Вариабельность значений показателя (max/min), раз / Variability of the indicator values (max/min), times	113,4	6,1	13,9	3,8
Среднее арифметическое значение и его ошибка / Arithmetic mean and its error ($M \pm m$)	0,273 ± 0,028	0,289 ± 0,022	0,193 ± 0,018	0,252 ± 0,016
Дисперсия показателя / Variance of the indicator (σ^2)	0,019	0,012	0,008	0,006
Коэффициент вариации / Coefficient of variation (C_v), %	50,1	37,5	46,0	30,9

интенсивность транспирации листового аппарата растений, составила максимальное значение за время проведения измерения – увеличилась в 113,4 раза ($C_v = 50,1\%$), в середине вегетации – в 6,1 раза ($C_v = 37,5\%$), а по окончании ростовых процессов растений – в 13,9 раза ($C_v = 46,0\%$) (см. табл. 4). Увеличенная изменчивость показателя устьичной проводимости у представленных видов рода *Malus* в первый месяц вегетации частично может

быть связана с повреждениями растений в результате зимней оттепели в январе 2024 и 2025 г. и последующего быстрого снижения температуры.

В целом среди изученных образцов в течение вегетационного периода меньшей вариабельностью ($C_v = 16,5...37,6\%$) отличались значения эффективного квантового выхода фотосистемы II, чем устьичной проводимости ($C_v = 37,5...50,1\%$) (табл. 5).

Таблица 5. Коэффициенты вариации показателей фотосинтеза и транспирации у изучаемых образцов яблони в течение вегетационного периода

Table 5. Coefficients of variation for the photosynthesis and transpiration indicators in the studied apple-tree accessions during the growing season

Образец, номер каталога ВИР / Accession, VIR catalogue No.	Коэффициенты вариации / Coefficients of variation, (C_v) %:	
	эффективного квантового выхода ФС II / for the effective quantum yield of PS II (ϕPSI)	устьичной проводимости / for stomatal conductance (G_{sw})
Sectio <i>Gymnomeles</i> Koehne		
<i>Malus baccata</i> , к-2319	6,7	47,4
<i>M. pallasiana</i> , к-14957A	13,7	23,7
<i>M. mandshurica</i> , к-41277	24,2	44,6
<i>M. hupehensis</i> , к-43206	12,0	88,3
<i>M. × cerasifera</i> var. <i>aurantiaca</i> , к-2314	39,4	33,6
<i>M. × robusta</i> , к-43198	13,7	88,0
Sectio <i>Sorbomalus</i> Zabel		
<i>M. sieboldii</i> × Спартан, к-41289	11,3	19,3
Гибрид 14-1	13,4	11,6
<i>M. × zumi</i> , к-41272	51,3	26,5
<i>M. sheideckeri</i> , к-2407	1,9	40,1
Sectio <i>Chloromeles</i> (Decne.) Rehder		
<i>M. coronaria</i> , к-2336	25,5	75,6
<i>M. ioensis</i> , к-2352	64,8	112,6
Sectio <i>Malus</i> Langenf.		
<i>M. niedzwetzkyana</i> , к-2389	5,2	48,8
<i>M. niedzwetzkyana</i> , к-29424	9,4	10,8
<i>M. × purpurea</i> var. <i>eleyi</i> , к-2394	23,0	13,0
<i>M. × purpurea</i> f. <i>pendula</i> , к-2396	11,2	18,5
<i>M. sieversii</i> , к-13275	3,9	45,5
<i>M. caspiensis</i> Langenf., к-14943	2,9	34,7
<i>M. turkmenorum</i> , к-13283	15,9	41,5
<i>M. orientalis</i> , к-2339	15,2	28,9
<i>M. orientalis</i> 74-10, к-29483	13,4	23,5
<i>M. × prunifolia</i> , к-2380	12,0	61,8
<i>M. sylvestris</i> , к-6144	14,6	12,8
<i>M. var. ringo</i> f. <i>fastigiata bifera</i> , к-2343	5,8	28,6
Изменчивость значений коэффициента вариации, раз / Variability in the values of the coefficient of variation, times	34,1	10,4

Как правило, у многих видов растений, в том числе яблони, транспирация определяется степенью открытия устьиц в эпидермальной ткани листьев и служит одним из способов эффективной регуляции водообмена, особенно в условиях почвенно-атмосферной засухи (Bassett, 2013). У засухоустойчивых видов яблони транспирация листьев при стрессе снижается, а при использовании их семян в качестве семенных подвоев для сортов рост и развитие привойного компонента в засушливых условиях ингибируется в меньшей степени, чем в случае неустойчивых подвойных семян (Liu et al., 2012).

У изучаемых видов яблони в условиях коллекционно-гибридного сада среди соответствующих значений показателей интенсивности фотосинтеза и транспирации во все периоды проведения их измерения не выявлено корреляций высокого и среднего уровня: в начале вегетации $R = -0,18$; в середине вегетации $R = 0,26$; по окончании вегетации $R = -0,21$; в среднем за вегетационный период $R = -0,13$. Максимальная положительная корреляция значений эффективного квантового выхода фотосистемы II у изучаемых образцов яблони отмечена при их измерении в середине вегетации и среднего арифметического за вегетационный период ($R = 0,91$), а показателя устьичной проводимости – при измерении в начале вегетации растений и среднего значения за весь сезон ($R = 0,84$).

Генетическая коллекция, представленная 23 интродуцированными видами рода *Malus* и межвидовым гибридом селекции Мичуринского ГАУ, требует дальнейшего изучения, однако следует отметить, что у некоторых форм физиологические показатели характеризуются значительной изменчивостью, что свидетельствует о неблагоприятных для растений почвенно-климатических условиях.

У изучаемых образцов максимальной стабильностью показателей фотосинтеза и транспирации ($C_v < 15\%$ в течение всего вегетационного периода) характеризовались три образца яблони: *M. niedzwetzkyana* Dieck (к-29424), *M. sylvestris* (к-6144) и гибрид 14-1 (см. табл. 5).

Закключение

В результате исследований выявлены существенные различия морфологических и физиологических показателей листового аппарата у 24 образцов рода *Malus*.

Среди морфологических показателей наименьшей изменчивостью характеризовался листовой индекс ($C_v = 13,2\%$), наибольшей – площадь листовых пластинок ($C_v = 32,0\%$). Между соответствующими значениями площади и линейными размерами листовых пластинок отмечены положительные корреляции высокого уровня: длины – 0,89, ширины – 0,93; коэффициент корреляции показателей длины и ширины листовых пластинок равен 0,72.

В целом у всех изучаемых образцов яблони в течение вегетационного периода значения эффективного квантового выхода фотосистемы II отличались меньшей вариабельностью ($C_v = 16,5...37,6\%$), чем значения устьичной проводимости ($C_v = 37,5...50,1\%$). Не выявлено корреляций высокого и среднего уровня среди соответствующих значений показателей интенсивности фотосинтеза и транспирации во все периоды проведения их измерения. Максимальной стабильностью показателей фотосинтеза и транспирации ($C_v < 15\%$ в течение всего вегетационного периода) характеризовались три образца яблони: *M. niedzwetzkyana* (к-29424), *M. sylvestris* (к-6144) и гибрид 14-1.

В дальнейшем при анализе гибридного потомства, полученного с участием дикорастущих видов яблони, можно использовать морфологические и физиологические показатели как маркерные признаки для оценки степени его гетерогенности.

References / Литература

- Barsukova O.N. Atlas. Gene pool of wild apple species (Atlas. Genofond dikorastushchikh vidov yabloni). Maikop; 2012. [in Russian] (Барсукова О.Н. Атлас. Генофонд дикорастущих видов яблони. Майкоп; 2012).
- Barsukova O.N. Composition of the collection of wild apple-tree species and its prospects for use in breeding. *Proceedings on Applied botany, Genetics and Breeding*. 2018;179(3):95-103. [in Russian] (Барсукова О.Н. Состав коллекции дикорастущих видов яблони и перспективы использования ее в селекции. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018;179(3):95-103). DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-95-103
- Bassett C.L. Water use and drought response in cultivated and wild apples. In: K. Vahdati, C. Leslie (eds). *Abiotic Stress – Plant Responses and Applications in Agriculture*. Rijeka: InTech; 2013. p.249-275. DOI: 10.5772/55537
- Budagovsky V.I. Cultivation of dwarf fruit trees (Kultura slaboroslykh plodovykh derevyev). Moscow: Kolos; 1976. [in Russian] (Будаговский В.И. Культура слаборослых плодовых деревьев. Москва: Колос; 1976).
- Dospikhov B.A. Methodology of field trial (with fundamentals of statistical processing of research results) (Metodika polevogo opyta [s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy]). 5th ed. Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. Москва: Агропромиздат; 1985).
- Langenfeld V.T. Apple-trees: morphological evolution, phylogeny, and systematics of the genus. Riga: Zinātne; 1991. [in Russian] (Лангенфельд В.Т. Яблоня. Морфологическая эволюция, филогения, география, систематика. Рига: Зинатне; 1991).
- Liu B.H., Cheng L., Liang D., Zou Y.J., Ma F.W. Growth, gas exchange, water-use efficiency, and carbon isotope composition of 'Gala Gala' apple trees grafted onto 9 wild Chinese rootstocks in response to drought stress. *Photosynthetica*. 2012;50(3):401-410. DOI: 10.1007/s11099-012-0048-0
- Ponomarenko V.V., Ponomarenko K.V. The gene pool of *Malus* Mill. spp. Apple tree: biology, morphology, ecology, systematics, and source material (Genofond vidov roda *Malus* Mill. Yablonya: biologiya, morfologiya, ekologiya, sistematika, iskhodny material). St. Petersburg; 2013. [in Russian] (Пономаренко В.В., Пономаренко К.В. Генофонд видов рода *Malus* Mill. Яблоня: биология, морфология, экология, систематика, исходный материал. Санкт-Петербург; 2013).
- Sala F., Arsene G.G., Iordănescu O., Boldea M. Leaf area constant model in optimizing foliar area measurement in plants: A case study in apple tree. *Scientia Horticulturae*. 2015;193:218-224. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.07.008
- Sedov E.N. Apple breeding history, goals, methods and results. *Agricultural Biology*. 2007;42(1):3-15. [in Russian] (Седов Е.Н. История, задачи, методы и результаты селекции яблони. *Сельскохозяйственная биология*. 2007;42(1):3-15).
- Sedov E.N. (ed.). Pomology: In 5 volumes. Vol. 1. Apple tree (Pomologiya: V 5-ti tomakh. T. 1. Yablonya). Orel: VNIISPK;

2005. [in Russian] (Помология: В 5-ти томах, Т. I. Яблоня / под ред. Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК; 2005).
 Shlyavas A.V. The collection of apple (*Malus Mill.*) genetic resources of the Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources. *Plant Biology and Horticulture: Theory, Innovation*. 2017;144-1:79-83. [in Russian] (Шлявас А.В. Коллекция генетических ресурсов яблони (*Malus Mill.*) ФГБНУ ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. *Биология растений и садоводство: теория, инновации*. 2017;144-1:79-83).
 State register of varieties and hybrids of agricultural plants admitted for usage (national list): official publication.

Moscow; Rosinformagrotekh; 2024. [in Russian] (Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию: официальное издание. Москва: Росинформагротех; 2024).

Trunov Yu.V., Soloviev A.V., Papikhin R.V., Dubrovsky M.L., Shamshin I.N. Perspective apple clonal rootstocks for intensive orchards. *Horticulture and Viticulture*. 2020;(2):34-40. [in Russian] (Трунов Ю.В., Соловьев А.В., Папихин Р.В., Дубровский М.Л., Шамшин И.Н. Перспективные клоновые подвои яблони для интенсивных садов. *Садоводство и виноградарство*. 2020;(2):34-40). DOI: 10.31676/0235-2591-2020-2-34-40

Информация об авторах

Максим Леонидович Дубровский, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией, Мичуринский государственный аграрный университет, 393760 Россия, Мичуринск, ул. Интернациональная, 101, element68@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0883-2867>

Анна Владимировна Шлявас, младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, ann2668@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8009-6780>

Андрей Викторович Кружков, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Мичуринский государственный аграрный университет, 393760 Россия, Мичуринск, ул. Интернациональная, 101, crujckov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7777-3305>

Наталья Леонидовна Чурикова, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник, Мичуринский государственный аграрный университет, 393760 Россия, Мичуринск, ул. Интернациональная, 101, ch.natali19@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-0264-2682>

Иван Николаевич Шамшин, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, Мичуринский государственный аграрный университет, 393760 Россия, Мичуринск, ул. Интернациональная, 101, ivan_shamshin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4464-1876>

Information about the authors

Maxim L. Dubrovsky, Cand. Sci. (Agriculture), Head of a Laboratory, Michurinsk State Agrarian University, 101 Internatsionalnaya St., Michurinsk 393760, Russia, element68@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0883-2867>

Anna V. Shlyavas, Associate Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, ann2668@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8009-6780>

Andrey V. Kruzhkov, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Michurinsk State Agrarian University, 101 Internatsionalnaya St., Michurinsk 393760, Russia, crujckov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7777-3305>

Nataliya L. Churikova, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Researcher, Michurinsk State Agrarian University, 101 Internatsionalnaya St., Michurinsk 393760, Russia, ch.natali19@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-0264-2682>

Ivan N. Shamshin, Cand. Sci. (Biology), Head of a Laboratory, Michurinsk State Agrarian University, 101 Internatsionalnaya St., Michurinsk 393760, Russia, ivan_shamshin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4464-1876>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 01.10.2025; одобрена после рецензирования 24.11.2025; принята к публикации 16.01.2026. The article was submitted on 01.10.2025; approved after reviewing on 24.11.2025; accepted for publication on 16.01.2026.