

Dubrovskaya O.Yu., Zhbanova Ye.V., Bogdanov R.Ye.

*Federal State Budgetary Scientific Institution
"I.V. Michurin Federal Scientific Centre",
Michurinsk, Russia, e-mail: popova_olya888@mail.ru*

The dynamics of the chemical components content at plum fruits was studied for the growing seasons 2018–2021, significantly different in terms of average monthly temperatures and precipitation amounts. On average, during the study period, 10.8–16.2 % of soluble solids, 8.1–9.2 % of sugars, 1.5–3.4 % of titrated acids, – 4.3–10.5 mg/100 g of vitamin C accumulated in fruits. The sugar-acid index varied from 4.1 to 4.4. In the studied plum cultivars during the research period, positive correlations of a high level were noted between the content of soluble solids and the amount of sugars in the fruit (at the level of 0.99), as well as between the content of vitamin C and titrated acidity (0.88). The positive effect of sufficient moisture on the level of accumulation of sugars, soluble solids and vitamin C in fruits was also recorded. A negative correlation was observed between the values of the average monthly summer temperatures and the vitamin C content.

Key words: plum, chemical compositions of fruits, soluble solids, total sugars, vitamin C content, titratable acidity, climatic conditions.

УДК 634.11: 58.032.3: 581.45

doi: 10.31360/2225-3068-2021-79-107-117

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ЛИСТЬЕВ КОЛЛЕКЦИИ
КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ СЕЛЕКЦИИ
МИЧУРИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Дубровский М.Л., Кружков Ан.В., Чурикова Н.Л.

*Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Мичуринский государственный аграрный университет»,
г. Мичуринск, Россия, e-mail: element68@mail.ru*

Выявлены различия засухоустойчивости листьев у 46 клоновых подвоев яблони, полученных в Мичуринском государственном аграрном университете. Потери воды листьями изучаемых генотипов за первые 2 час отмечены в диапазоне 12,7–64,2 %, через 4 час – 20,3–86,5 %, а спустя 24 час с начала эксперимента – 55,3–94,6 %. За сутки потеря воды завядающими листьями составила $79,9 \pm 1,7$ % в среднем по генотипам. Наиболее высокая водоудерживающая способность листьев отмечена у подвойных форм яблони 2-3-8, 2-3-19, 2-9-56, 5-27-1, 9-1-1, 9-1-2, которые за 24 час потеряли 55,3–62,7 % воды. Среди генотипов с антоциановой пигментацией тканей отмечены более высокие значения показателей удельной фотосинтетической активности

листьев и скорости транспорта электронов через фотосистему II (ETR). Наибольшим значением показателя квантового максимального выхода флуоресценции Fv/Fm (более 0,4) характеризовались зелёнолистные формы 2-9-77, 2-3-3, 2-3-19, 5-27-1, 9-1-1 и краснолистные подвои 'Парадизка Будаговского' (В9), 'Мальш Будаговского', 2-9-56, 2-9-90, 2-12-34, 3-4-7, 9-1-2, 9-1-4, 9-1-9.

Ключевые слова: яблоня, клоновые подвои, засухоустойчивость, листовой аппарат, флуоресценция хлорофилла, фотосинтетическая активность.

Яблоня является наиболее распространённой плодовой культурой во многих странах мира. В качестве одного из важнейших технологических элементов современного плодового сада яблони широко используются клоновые подвои, обладающие комплексом ценных биологических и хозяйственно-производственных признаков – высокой регенерационной активностью, легкой укореняемостью в маточнике, регуляцией силы роста привойного компонента, его урожайности, размера и степени окрашенности плодов, уровня накопления в них сахаров, органических кислот и др. Выбор конкретного подвоя для получения на его основе посадочного материала в питомнике во многом сразу определяет тип будущих многолетних плодовых насаждений и комплекс агротехнологий, применяемых при их выращивании.

Расширение площадей производственных насаждений яблони позволяет удовлетворить спрос у потребителей на плодовую продукцию, отвечающую высоким стандартам качества. Однако продолжающееся развитие отрасли растениеводства в большинстве стран и природно-климатических регионов мира привело к освоению максимально возможного количества пригодных земель сельскохозяйственного назначения. В связи с этим в ближайшем будущем возникает перспектива разработки и введения в производственный оборот территорий с менее благоприятными условиями, в целом позволяющими возделывать определённые сельскохозяйственные культуры, но при условии корректировки агротехнических мероприятий, повышения плодородия почв и рекультивации малопригодных участков, выбора наиболее устойчивых и продуктивных сортов, совершенствования технологий их возделывания, разработки новых технических средств по уходу за растениями и др. Продвижение возделывания существующих сортов плодовых культур в новые природные зоны с менее благоприятным климатом связано с высокой степенью риска для их нормальной вегетации и особенно хозяйственной продуктивности.

В связи с определённой неравномерностью выпадения осадков в течение года, которое отмечается практически в любом природном регионе мира, применение искусственного орошения в настоящее время является

необходимым условием и неотъемлемым элементом технологии многих агроценозов [1, 2, 4]. Тем не менее, в ряде условно садопригодных территорий России и других стран мира организация регулярного полива плодовых растений оказывается затруднённой или даже невозможной [2, 11, 14]. В условиях недостаточного увлажнения у растений функционируют генетические и физиологические механизмы резистентности к почвенной и атмосферной засухе, однако потенциал резистентности к стрессу ограничен даже у устойчивых сортов [8–10, 12–14]. В связи с этим актуальной задачей является получение и отбор новых клоновых подвоев и сортов яблони, устойчивых к нестабильному водному режиму почв и способных на высоком уровне реализовать свои ценные биологические и хозяйственно-производственные признаки в условиях дефицита почвенной влаги или недостаточного и нерегулярного увлажнения.

ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ является ведущим отечественным учреждением в области селекции клоновых подвоев яблони. За более чем 80-летний период его сотрудниками получена обширная коллекция гибридов рода *Malus* Mill., в том числе с применением метода отдалённой гибридизации, из которых выделены несколько десятков перспективных подвойных форм. В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений РФ из 50 клоновых подвоев яблони 24 – селекции Мичуринского государственного аграрного университета.

Целью нашего исследования являлся экспериментальный анализ засухоустойчивости листьев коллекции клоновых подвоев яблони, полученных в Мичуринском государственном аграрном университете.

Объекты и методы исследований. Биологическими объектами исследования служили изолированные листья 46 форм клоновых подвоев яблони из генетической коллекции Мичуринского государственного аграрного университета. Изучаемые генотипы по содержанию антоцианов в тканях листьев и древесине подразделялись на две равные группы: 23 – с антоциановой пигментацией (краснолистные) и 23 – без пигментации (зелёнолистные). Листья были собраны с побегов растений на вертикальном маточнике конкурсного испытания, расположенном в Научно-образовательном центре им. В.И. Будаговского (г. Мичуринск Тамбовской области), а затем в течение часа перенесены в лабораторию для постановки эксперимента. Природно-климатические условия территории, на которой находится экспериментальный маточник клоновых подвоев, в целом являются благоприятными для возделывания культуры яблони на всех производственно-технологических стадиях – от питомников по получению посадочного материала до многолетних плодовых насаждений различного типа (безопорные традиционные и полуинтенсивные сады, интенсивные и суперинтенсивные сады

со шпалерными конструкциями). В течение вегетационного сезона на маточнике проводили стандартный комплекс агротехнических мероприятий; орошение участка осуществляли методом капельного полива. Почва – выщелоченный чернозём со средним уровнем содержания гумуса, удобрения на участке не вносили.

Эксперимент по определению уровня устойчивости изолированных листьев клоновых подвоев яблони к завяданию проводили в начале августа в 2019–2021 гг. Листья размещали на лабораторном столе абаксиальной поверхностью вверх, группируя их рядом по генотипам. В лаборатории поддерживали на постоянном уровне климатические параметры – температуру +25 °С, относительную влажность воздуха 40 %; прямые солнечные лучи на листья не попадали.

Массу листьев каждой подвойной формы измеряли с помощью электронных аналитических весов AKULAB ATL 220d4-1 несколько раз – в начале эксперимента, через 2, 4 и 24 час, а также после высушивания до абсолютно сухого веса в термостате при +105 °С. На основании полученных результатов взвешиваний вычисляли величину потерь свободной воды листовыми пластинками для каждого изучаемого генотипа [6].

Показатели функционирования фотосистемы II в листьях определяли методом флуоресценции хлорофилла с помощью импульсного хлорофиллфлуориметра MONITORING-PAM (Heinz Walz GmbH, Германия). Перед измерениями листья выдерживали в течение 20 минут в темноте с целью адаптации реакционных центров фотосистемы II в хлоропластах. Измерения абаксиальной стороны завядающих листьев проводили в начале эксперимента, через 2, 4 и 24 час, параллельно измеряя контрольные листья, размещенные черешками в малообъемных пластиковых сосудах с водой (для нормального водоснабжения их тканей). Анализ степени ингибирования фотосинтетических процессов проводили по двум анализируемым показателям – квантовому максимальному выходу флуоресценции Fv/Fm, отражающему удельную активность протекания фотохимических реакций (далее мы для краткости условно называем данный параметр удельной фотохимической активностью), а также показатель скорости транспорта электронов через фотосистему II в хлоропластах (ETR – Electron Transport Rate). Данные показатели с высокой степенью объективности отражают состояние фотосинтезирующего аппарата изучаемых генотипов растений и позволяют провести сравнение их функционального состояния после действия стресс-фактора [3, 5].

Все полученные экспериментальные данные были статистически обработаны и визуализированы в вычислительной программной среде Microsoft Office Excel 2016.

Результаты и их обсуждение. В результате проведённых исследований были выявлены существенные различия динамики содержания воды в листовых пластинках 46 клоновых подвоев яблони различной силы роста и генетического происхождения – как в контроле при оптимальных условиях, так и в эксперименте с имитацией водного дефицита в почве.

Исходное содержание воды в листьях изучаемых клоновых подвоев яблони отмечено в диапазоне от 55,8 % (форма 4-6-5) до 72,3 % (форма 2-12-34) при среднем значении признака в выборке генотипов, равном $63,0 \pm 0,6$ %. Зафиксированные значения данного показателя у выбранных форм рода *Malus* Mill. подчинялись закону нормативного распределения (рис. 1).

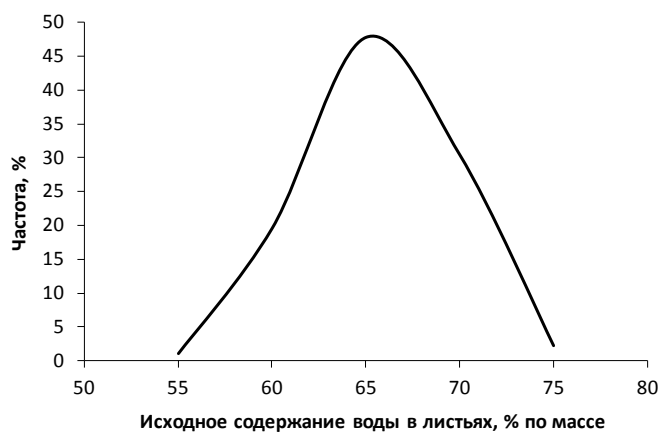


Рис. 1. Вариабельность уровня исходного содержания воды в листьях у 46 изучаемых клоновых подвоев яблони

Потери воды листьями изучаемых генотипов за первые 2 час отмечены в диапазоне 12,7–64,2 %, через 4 час – 20,3–86,5 %, а через 24 час с начала эксперимента – 55,3–94,6 %. В целом выявлена сходная динамика потери свободной воды листовыми пластинками подвойных форм яблони за период проведения измерений: все корреляции показателей – положительные высокого уровня: 0,98 – через 2 и 4 час; 0,80 – через 2 и 24 час; 0,85 – через 4 и 24 час. Все вариационные кривые, отражающие распределение генотипов по величине потерь воды листьями за указанные отрезки времени, имеют полимодальный характер – это отражает дифференциацию уровня устойчивости листового аппарата изучаемых форм клоновых подвоев яблони в условиях дефицита почвенной влаги (рис. 2).

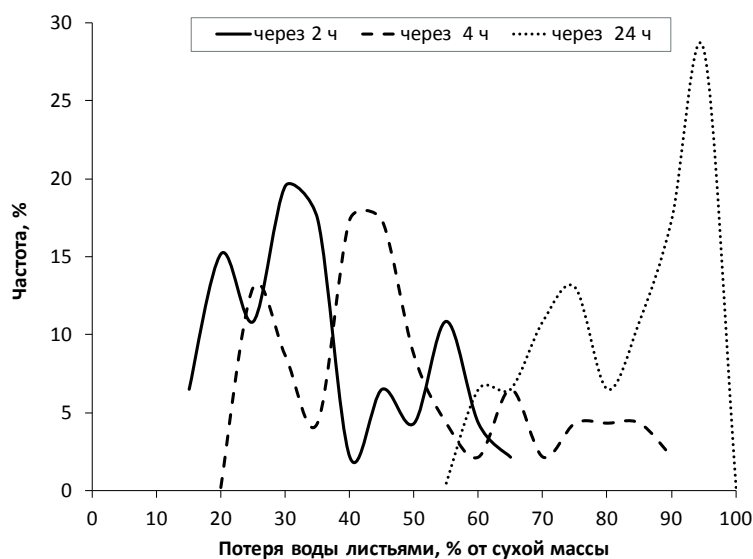


Рис. 2. Динамика потерь воды листьями 46 изучаемых клоновых подвоев яблони в режиме завядания

Через 24 час потеря воды завядающими листьями составила $79,9 \pm 1,7$ % в среднем по генотипам с диапазоном варьирования данного показателя от 55,3 до 94,6 %. Наиболее высокая водоудерживающая способность листьев отмечена у подвойных форм яблони 2-3-8, 2-3-19, 2-9-56, 5-27-1, 9-1-1, 9-1-2, которые при завядании за сутки потеряли 55,3–62,7 % воды. Водопотери в интервале от 65,3 до 75,6 % сухой массы листа отмечены у районированных клоновых подвоев ‘Парадизка Будаговского’ (В9), ‘Малыш Будаговского’, 54-118, 57-490 и новых перспективных форм 2-3-3, 2-9-77, 2-9-90, 2-12-34, 3-4-7, 9-1-3, 9-1-4, 9-1-9. Остальные изученные формы характеризовались средней или недостаточной устойчивостью листьев к водному дефициту.

Кроме анализа весовых характеристик листьев в экспериментальных условиях их завядания, большое значение имеет эффективность протекания биохимических реакций фотосинтеза как важнейшего физиологического процесса растительного организма. В условиях водного дефицита образование органических веществ листовым аппаратом растений может быть как значительно ограничено, так и практически полностью прекращено в зависимости от уровня их засухоустойчивости [7, 12–14].

У генетической коллекции изучаемых клоновых подвоев яблони после 24 час завядания листовых пластинок отмечено значительное варьирование значений показателей удельной фотосинтетической активности и скорости транспорта электронов через фотосистему II в хлоропластах (рис. 3, 4).

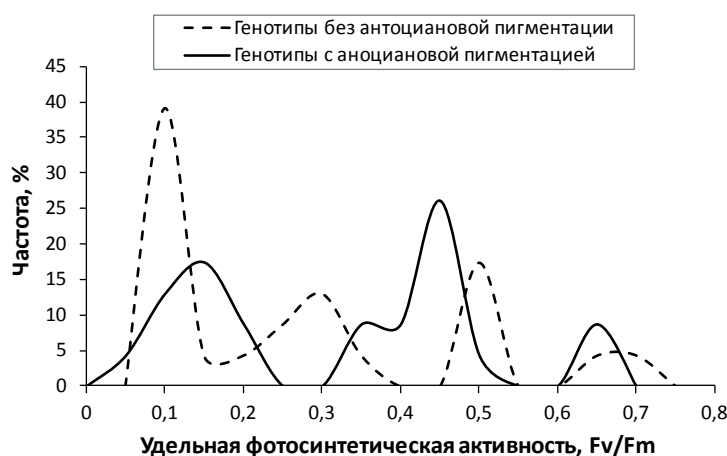


Рис. 3. Вариабельность показателя удельной фотосинтетической активности листьев (после 24 час завядания) у 46 изучаемых клоновых подвоев яблони

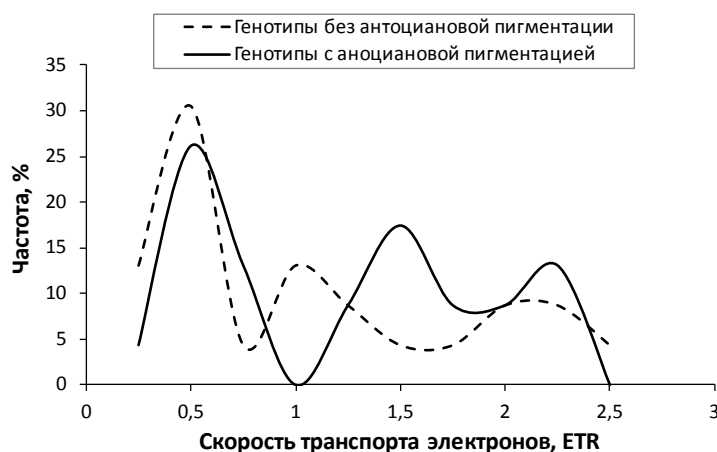


Рис. 4. Вариабельность показателя скорости транспорта электронов через фотосистему II в хлоропластах (после 24 час завядания листьев) у 46 изучаемых клоновых подвоев яблони

Среди генотипов подвоев с антоциановой пигментацией тканей отмечены более высокие значения показателей удельной фотосинтетической активности листьев и скорости транспорта электронов через фотосистему II, а также выявлено меньшее количество форм с сильным ингибированием данных процессов.

По величине показателя квантового максимального выхода флуоресценции F_v/F_m , характеризующего состояние листьев через 24 час завядания, отмечена значительная вариабельность – у зелёнолистных

подвойных форм в диапазоне 0,05–0,69 при среднем значении на уровне $0,25 \pm 0,04$; у краснолистных подвоев – 0,04–0,62 при среднем значении $0,29 \pm 0,04$. Наибольшим значением данного показателя (более 0,4) характеризовались зелёнолистные формы 2-977, 2-33, 2-319, 5-27-1, 9-11 и краснолистные подвои ‘Парадизка Будаговского’ (В9), ‘Малыш Будаговского’, 2-956, 2-990, 2-1234, 3-47, 9-12, 9-14, 9-19.

Величина показателя скорости транспорта электронов через фотосистему II в хлоропластах (ETR) за аналогичный период измерений у зелёнолистных форм изменялась в диапазоне 0,20–2,45 при среднем значении на уровне $0,94 \pm 0,15$; у краснолистных подвоев – в интервале 0,20–2,17 при среднем значении $1,11 \pm 0,14$. Значения данного показателя более 2,0 единиц отмечены у перспективных клоновых подвоев 2-319, 2-956, 5-27-1, 9-12, 9-19.

В изучаемой генетической коллекции клоновых подвоев яблони установлены положительные корреляции высокого уровня между показателями удельной фотосинтетической активности и скорости транспорта электронов через фотосистему II – через 4 час завядания листьев, равная 0,95, а через 24 час – 0,98 (рис. 5). Это позволяет объективно оценить степень повреждения фотосинтетического аппарата в условиях недостаточного увлажнения листьев.

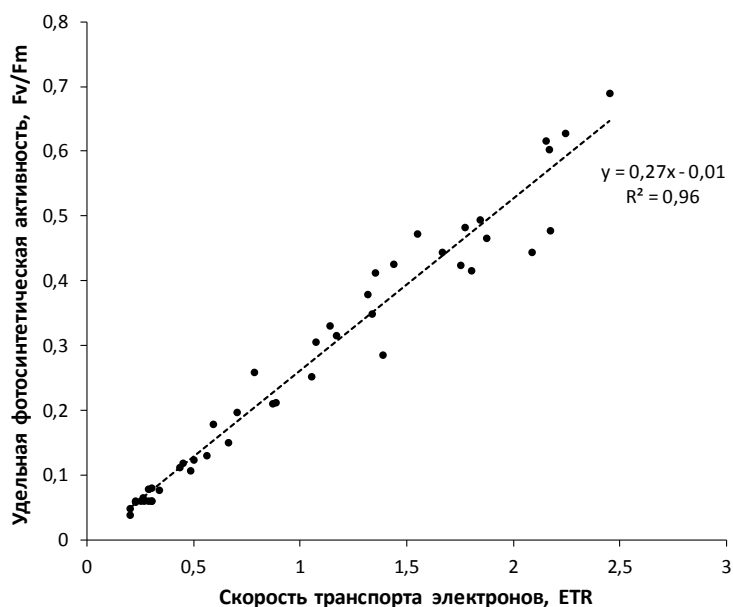


Рис. 5. Взаимосвязь показателей удельной фотосинтетической активности и скорости транспорта электронов через фотосистему II (после 24 час завядания листьев) у 46 изучаемых клоновых подвоев яблони

Неоднозначная физиологическая реакция хлорофиллсодержащих тканей листовых пластинок на интенсивную потерю свободной воды клетками отражает степень устойчивости фотосинтетического аппарата изучаемых генотипов к низкому уровню содержания влаги в почве и окружающем воздухе в летний период.

Заключение. В результате проведённых исследований выявлены различия засухоустойчивости листьев у коллекции клоновых подвоев яблони, полученных в Мичуринском государственном аграрном университете.

Потери воды листьями изучаемых генотипов за первые 2 час отмечены в диапазоне 12,7–64,2 %, через 4 час – 20,3–86,5 %, а через 24 час с начала эксперимента – 55,3–94,6 %. За сутки потеря воды завядающими листьями составила $79,9 \pm 1,7$ % в среднем по генотипам. Наиболее высокая водоудерживающая способность листьев отмечена у подвойных форм яблони 2-3-8, 2-3-19, 2-9-56, 5-27-1, 9-1-1, 9-1-2, которые при завядании за 24 час потеряли 55,3–62,7 % воды.

Среди генотипов с антоциановой пигментацией тканей отмечены более высокие значения показателей удельной фотосинтетической активности листьев и скорости транспорта электронов, а также выявлено меньшее количество форм с сильным ингибированием данных процессов. Установлены положительные корреляции высокого уровня между показателями удельной фотосинтетической активности и скорости транспорта электронов в фотосистеме II – 0,95 через первые 4 час завядания листьев и 0,98 через 24 час. Это позволяет объективно оценить степень повреждения фотосинтетического аппарата в условиях недостаточного увлажнения листьев. Наибольшим значением показателя квантового максимального выхода флуоресценции Fv/Fm (более 0,4) характеризовались зелёнолистные формы 2-977, 2-33, 2-319, 5-27-1, 9-11 и краснолистные подвои 'Парадизка Будаговского' (В9), 'Малыш Будаговского', 2-956, 2-990, 2-1234, 3-47, 9-12, 9-14, 9-19.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания МСХ РФ «Селекция зимостойких слаборослых клоновых подвоев с использованием методов биотехнологии» на 2021 г. (№ госрегистрации АААА-А21-121011190007-9) на базе ЦКП «Селекция сельскохозяйственных культур и технологии производства, хранения и переработки продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения» ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ.

Библиографический список

1. Дорошенко Т.Н. Физиологические аспекты южного плодовоговодства. – Краснодар: Кубанский ГАУ, 2000. – 152 с.
2. Егоров Е.А., Фисенко А.Н., Дорошенко Т.Н. и др. Системообразующие экологические факторы и критерии зон устойчивого развития плодовоговодства на Северном Кавказе. – Краснодар, 2001. – 284 с.
3. Калмацкая О.А. Флуоресцентные показатели листьев растений: влияние условий освещения и обработки физиологически активными веществами: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. – М., 2017. – 24 с.
4. Кашин В.И. Научные основы адаптивного садоводства. – М.: Колос, 1995. – 335 с.
5. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. – К.: Альтерпрес, 2002. – 188 с. – ISBN 966-542-168-9.
6. Леонченко В.Г., Евсеева Р.П., Жбанова Е.В., Черенкова Т.А. Предварительный отбор перспективных генотипов плодовых растений на эколого-генетическую устойчивость и биохимическую ценность плодов: методические рекомендации. – Мичуринск-наукоград РФ, 2007. – 72 с. – ISBN 5-900662-08-9.
7. Скрипникова М.К., Скрипникова Е.В. Фотосинтетическая продуктивность листьев у сортов яблони при экстремальных условиях погоды в период вегетации // Плодоводство и ягодоводство России. – М., 2012. – Ч. 2. – Т. XXXII. – С. 49-55. – ISSN 2073-4948.
8. Green S.R., Vogeler I., Clothier B.E., van den Dijssel C. Modelling water uptake by a mature apple tree // Australian Journal of Soil Research. – 2003. – Vol. 41. – P. 365-380. – ISSN 0004-9573.
9. Hajnajari H., Akbari H., Abdossi V. Genesis of ultra-specialized histology with stable traits in mesophyll of drought tolerant apple cultivars // Scientia Horticulture. – 2019. – Vol. 249. – P. 168-176. – ISSN 0304-4238.
10. Jones H.G. Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance // Journal of Experimental Botany. – 2007. – Vol. 58. – Issue. 2. – P. 119-130. – ISSN 0022-0957.
11. Mitra J. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants // Current Science. – 2001. – Vol. 80. – № 6. – P. 758-762. – ISSN 0011-3891.
12. Nemeskéri E., Sárdi É., Szabó T., Nyéki J. Ecological drought resistance and adaptability of apple varieties // International Journal of Horticultural Science. – 2010. – Vol. 16. – Issue 1. – P. 113-122. – ISSN 1585-0404.
13. Nemeskéri E., Sárdi É., Kovács-Nagy E., Stefanovits Bányai É., Nagy J., Nyéki J., Szabó T. Studies on the drought responses of apple trees (*Malus domestica* Borkh.) grafted on different rootstocks // International Journal of Horticultural Science. – 2009. – Vol. 15. – Issue. 1-2. – P. 29-36. – ISSN 2732-3390.
14. Širčelj H., Grill D., Bati F. Detecting different levels of drought stress in apple trees (*Malus domestica* Borkh.) with selected biochemical and physiological parameters // Scientia Horticulture. – 2007. – Vol. 113. – Issue. 4. – P. 362-369. – ISSN 0304-4238.

**EXPERIMENTAL ANALYSIS OF LEAF DROUGHT RESISTANCE
AT THE COLLECTION OF CLONAL APPLE ROOTSTOCKS BRED
BY THE MICHURINSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY**

Dubrovsky M.L., Kruzikov An.V., Churikova N.L.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Michurinsk State Agrarian University”,
Michurinsk, Russia, e-mail: element68@mail.ru

Differences in leaf drought resistance in 46 clonal apple rootstocks obtained at Michurinsk State Agrarian University have been revealed. Water losses in leaves of the studied genotypes for the first 2 hours were noted in the range of 12.7–64.2 %, after 4 hours – 20.3–86.5 %, and after 24 hours from the beginning of the experiment – 55.3–94.6 %. During 24 hours, the loss of water in withering leaves was 79.9 ± 1.7 % on average by genotypes. The highest water-retaining ability of leaves is noted in the rootstock apple forms 2-3-8, 2-3-19, 2-9-56, 5-27-1, 9-1-1 and 9-1-2, which lost 55.3–62.7 % of water for 24 hours. Among the genotypes with anthocyanin pigmentation of tissues, higher values of the specific leaf photosynthetic activity and the electron transport rate through photosystem II (ETR) were noted. The highest value of the maximum fluorescence quantum yield F_v/F_m (more than 0.4) was characteristic for green-leaved forms 2-9-77, 2-3-3, 2-3-19, 5-27-1, 9-1-1 and red-leaved rootstocks of ‘Paradizk Budagovsy’ (B9), ‘Malysh Budagovskogo’, 2-9-56, 2-9-90, 2-12-34, 3-4-7, 9-1-2, 9-1-4 and 9-1-9.

Key words: apple tree, clonal rootstocks, drought resistance, leaf apparatus, chlorophyll fluorescence, photosynthetic activity.

УДК 634.13/1.076

doi: 10.31360/2225-3068-2021-79-117-125

ОЦЕНКА БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ОСЕННИХ СОРТОВ ГРУШИ ДЛЯ ПОПОЛНЕНИЯ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНОРЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ДАГЕСТАНА

Загиров Н.Г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр
Российской академии наук»,
г. Сочи, Россия, nadir_dag@mail.ru

Целью исследований было изучение биохимического состава плодов осенних интродуцированных сортов груши и выделить лучшие для пополнения генофонда, а также для селекционного использования. Многолетние исследования проводились с 2017 по 2020 гг. в интенсивном саду на базе научно-экспериментального полигона в соответствии с общепринятыми программами и классическими методами сортоизучения и селекционных исследований. В качестве объектов исследования были использованы 3 осенних сорта груши: ‘Триумф Пакгама’, ‘Лесная красавица’, ‘Талгарская красавица’. В результате четырёхлетнего изучения сортов груши по биохимическому составу выявлено, что наиболее высоким содержанием растворимых сухих веществ (%) характеризуется контрольный