

Оценка засухоустойчивости, урожайности сортов яблони селекции ВНИИСПК и интродуцированных сортов

А. М. Галашева[✉], З. Е. Ожерельева

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская область, Россия

[✉]E-mail: anna-galasheva@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – изучение засухоустойчивости и урожайности сортов яблони селекции ВНИИСПК и интродуцированных сортов для выделения наиболее перспективных сортов на среднерослом клоновом подвое 54-118. **Методы.** Для исследований взяли следующие объекты: сорта яблони селекции ВНИИСПК (Вятч, Министр Киселев, Орловское полесье, Орловский партизан, Память Семакину, Здоровье, Рождественское), сорт польской селекции Ligol и американской селекции Honey Crisp на среднерослом клоновом подвое 54-118. С помощью метода искусственного обезвоживания тканей в листьях выявляли засухоустойчивость сортов яблони (в 2-кратной повторности по 5 листьев в каждой). **Результаты.** Анализ погодных условий (в 2019 г., в 2020 г.) показал средний уровень оводненности в тканях листьев у всех сортов (селекции ВНИИСПК, польской, американской селекции) в течение вегетации (май – август). Выделены сорта с высоким уровнем устойчивости листьев после подвядания и способности к быстрому восстановлению оводненности в лабораторных условиях в 2019 г. (Орловский партизан – 129,2 %, Ligol – 127,5 %, Память Семакину – 125,2 %) и в 2020 г. (Рождественское – 134,1 %, Орловский партизан – 126,3 % и Honey Crisp – 125,4 %). В среднем за семь лет роста деревьев в саду наибольшую урожайность дали сорта селекции ВНИИСПК Рождественское – 7,8 т/га, Здоровье – 7,7 т/га и сорт американской селекции Honey Crisp – 5,5 т/га. **Научная новизна.** За годы исследований выявили, что сорта имеют высокий уровень устойчивости листьев после подвядания и способности к быстрому восстановлению оводненности в лабораторных условиях: 118,4–128,5 %, наиболее высокая – у сортов селекции ВНИИСПК Рождественское (128,5 %) и Орловский партизан (127,7 %). С наибольшей урожайностью в среднем за годы изучения (2019–2023 гг.) выделились сорта селекции ВНИИСПК Рождественское и Здоровье.

Ключевые слова: засухоустойчивость, сорта, яблоня, оводненность листьев, урожайность

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России за счет средств субсидии на выполнение государственного задания FGZS-2022-0008. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Галашева А. М., Ожерельева З. Е. Оценка засухоустойчивости, урожайности сортов яблони селекции ВНИИСПК и интродуцированных сортов // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 12. С. 1586–1600. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-12-1586-1600>.

Дата поступления статьи: 22.01.2024, **дата рецензирования:** 26.07.2024, **дата принятия:** 02.10.2024.

Assessment of drought resistance, yield of apple tree varieties selected by VNIISPK and introduced varieties

A. M. Galasheva[✉], Z. E. Ozherelieva

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), Zhilina village, Orel region, Russia

[✉]E-mail: anna-galasheva@mail.ru

Abstract. The purpose of the research is the study of drought resistance and yield of apple tree varieties bred by VNIISPK and introduced bred varieties to identify the most promising varieties on medium-sized clonal rootstock 54-118. **Methods.** The following objects were taken for research: apple tree varieties bred by VNIISPK (Rozhdestvenskoe, Pamyat' Semakinu, Ministr Kiselev, Orlovskoe Poles'ye, Vyatic, Orlovskiy Partizan, Zdorov'ye), a variety of the Polish selection Ligol and an American selection Honey Crisp on a medium-growing clonal rootstock 54-118. The drought resistance of apple tree varieties was determined using the method of artificial dehydration of leaf tissue (in 2 repetitions of 5 leaves each). **Results.** Analysis of weather conditions (in 2019, in 2020) showed the average level of water content in leaf tissues of varieties (VNIISPK selection and Polish, American selection) during the growing season (May – August). Varieties with a high level of leaf resistance after wilting and the ability to quickly restore water content in laboratory conditions were identified in 2019 (Orlovskiy Partizan – 129.2 %, Ligol – 127.5 %, Pamyat' Semakinu – 125.2 %) and in 2020 (Rozhdestvenskoe – 134.1 %, Orlovskiy Partizan – 126.3 % and Honey Crisp – 125.4 %). On average, over seven years of tree growth in the garden, the highest yields were given by the VNIISPK varieties Rozhdestvenskoe – 7.8 t/ha, Zdorov'ye – 7.7 t/ha and the American variety Honey Crisp – 5.5 t/ha. **Scientific novelty.** Over the years of research, on average, it has been revealed that varieties have a high level of leaf resistance after wilting and the ability to quickly restore water content in laboratory conditions – 118.4–128.5 %, the highest in varieties selected by VNIISPK Rozhdestvenskoe (128.5 %) and Orlovskiy Partizan (127.7 %). The varieties selected by VNIISPK Rozhdestvenskoe and Zdorov'ye stood out with the highest average yield over the years of study (2019–2023).

Keywords: drought resistance, cultivars, apple, leaf hydration, productivity

Acknowledgments. The study was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation under a subsidy for the implementation of State Task FGZS-2022-0008. The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Galasheva A. M., Ozherelieva Z. E. Assessment of drought resistance, yield of apple tree varieties selected by VNIISPK and introduced varieties. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (12): 1586–1600. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-12-1586-1600>. (In Russ.)

Date of paper submission: 22.01.2024, **date of review:** 26.07.2024, **date of acceptance:** 02.10.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Засуха оказывает воздействие на морфологию, физиологию и биохимию растений [1–3]. Климатические условия в последние десятилетия изменились, часто зимы стали теплые или с температурными колебаниями. Весной и летом наблюдается засуха практически на всей Европейской части России (в том числе в Северо-Западном, Центральном регионах) [4].

По многолетним данным погодных условий Орловской области выявили, что были засухи в июне и июле [5].

Вода играет важную роль в жизнедеятельности и является составной частью всех органов растений. Листья, древесина, кора, плоды состоят на 50–85 % из воды. Больше всего воды в плодах и

меньше в старой древесине. С водой перемещаются в растениях питательные вещества и продукты ассимиляции. Вода участвует в сложных биохимических и физических процессах растений, регулирует их тепловой режим, поддерживает в тканях тургор, в результате чего растения вегетируют и плодоносят. Содержание воды в листьях является одним из основных показателей, влияющим на урожайность, ростовые особенности и развитие растений в засушливых и полусушливых районах, где часто подвергаются периодам засухи [6; 7]. Высокая температура воздуха, недостаток влаги в почве существенно влияют на товарные качества плодов и плодоношение [8; 9].

В стрессовых условиях снижается оводненность тканей у растений. В растении происходит

снижение подвижности воды и активности метаболизма, но проявляется высокая устойчивость к экстремальным климатическим условиям, увеличивается водоудерживающая способность тканей [10].

Оводненность тканей в листьях, водоудерживающая способность, водный дефицит, восстановление оводненности – важные показатели водного режима. Основательно определяют способность растений выдерживать засушливые погодные условия [11; 12].

Урожайность – один из основных показателей в характеристике сорта. Абиотические и биотические факторы среды произрастания (колебания температуры, зимние морозы, весенние заморозки, засуха, иссушающие ветры, повреждения болезнями и вредителями и т. д.) очень сильно влияют на формирование урожая [13].

Сортов яблони российской и зарубежной селекции много, только в настоящее время «Биоресурсная коллекция» ВНИИСПК насчитывает 779 сортообразцов яблони (сортов и гибридных форм) из 25 стран. «Биоресурсная коллекция» состоит из 642 сортов яблони (Россия – 410, Латвия – 41, Беларусь – 31, Украина – 26, США – 23, Швеция – 17, Канада – 14, Германия – 13, Финляндия – 13, Польша – 8, Казахстан – 6, Узбекистан – 6, Литва – 5, Чехия – 5, Франция – 3, Италия – 3, Молдавия – 3, Румыния – 2, Эстония – 2, Великобритания – 2, Нидерланды – 1, Австралия – 1, Корея – 1, Швейцария – 1, Япония – 1) и из 137 гибридных форм (Россия – 124, Беларусь – 10, Украина – 2, Литва – 1). Из 410 российских сортов яблони, 92 сорта принадлежит селекции академика РАН Е. Н. Седова, из них которых 64 сорта входят в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (2023 г.):

– **зимние:** Пепин орловский, Славянин, Ивановское, Александр Бойко, Орловская Есения, Память Семакину, Бежин луг, Орлик, Болотовское, Низкорослое, Вавиловское, Кармен, Василиса, Старт, Веняминовское, Праздничное, Ветеран, Морозовское, Восторг, Гирлянда, Поэзия, День победы, Зарянка, Здоровье, Орловская заря, Имрус, Память Исаева, Кандиль орловский, Патриот, Куликовское, Курнаковское, Марго, Тургеневское, Приокское, Афродита, Министр Киселев, Олимпийское, Орловский партизан, Память Хитрово, Свежесть, Память воину, Орловский пионер, Рождественское, Синап орловский, Строевское, Орловское полесье, Талисман, Юбилей Москвы;

– **осенние:** Солнышко, Орловское полосатое, Орфей;

– **летние:** Союз, Юнона, Августа, Раннее алое, Желанное, Масловское, Орлинка, Дарена, Орловим, Радость Надежды, Юбиляр, Осиповское, Яблочный Спас.

Для каждого региона России выбрать адаптированные сорта яблони, которые будут скороплодными, иметь ежегодное плодоношение и давать плоды хорошего товарного качества в настоящее время является актуально.

Подвоев много, важно подобрать подвой для сорта. В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (2023 г.) входят 55 клоновых подвоев: 54-118, 70-20-20, 70-20-21, 71-7-22, 75-1-62, 76-3-6, 83-1-15, К104, К109, Урал 6, ММ106, М9, Урал 8, Парадиска Будаговского, Малыш Будаговского, Волга 3, Урал 4, Урал 5, Волга 8, Волга 12, Волга 18, Урал 1, СК1, СК2, Урал 10, СК3, СК4, СК5, СК7, Урал 2, Урал 3, Урал 7, Урал 11, Урал 14, Урал 56 и др. В Центрально-Черноземном регионе широко распространены сады на среднерослом клоновом подвое 54-118.

Выбор подходящего сорта и подвоя является одним из важных решений для создания интенсивного сада для разных экологических регионов [14].

Цель – дать сравнительную оценку засухоустойчивости и урожайности сортов селекции ВНИИСПК, польской и американской селекции яблони на клоновом (среднерослом) подвое 54-118.

Методология и методы исследования (Methods)

Научные исследования проводились в садах интенсивного типа ФГБНУ ВНИИСПК и в лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений (2019–2023 гг.). Для исследований взяты следующие объекты: зимние сорта селекции ВНИИСПК (Орловский партизан, Рождественское, Орловское полесье, Память Семакину, Министр Киселев, Вятич, Здоровье), сорт польской селекции (Ligol) и сорт американской селекции (Honey Crisp) на клоновом (среднерослом) подвое 54-118. Год посадки сада – 2016, схема посадки 5 × 2,5 м.

Подвой среднерослый клоновый – 54-118. Получен В. И. Будаговским от естественного опыления Парадиски Будаговского, привитой в крону подвоя № 13-14. Используется для получения среднерослых деревьев, которые начинают плодоносить на 4–5-й год, засухоустойчив. Древесина подвоя прочная. Под нагрузкой урожая не наклоняются деревья. Корневая система хорошо разветвленная, прочно закрепляется в почве. Отмечена хорошая совместимость с сортами.

Сорта селекции ВНИИСПК:

Орловский партизан. Включен в 2010 году в Госреестр по Центрально-Черноземному региону. Зимний, триплоидный. Авторы: Е. Н. Седов, З. М. Серова, Г. А. Седышева, Е. А. Долматов). (Орлик × 13-6-106 (сеянец Суворовца) (4×). Деревья имеют округлую крону, достаточно густую. Деревья быстрорастущие. Кора на штамбе и основных ветвях гладкая, бурая. Цвет побегов темно-коричневый. Побеги толстые, прямые, сильно опушенные. Почки опушенные, крупные, прижа-

тые. Листья зеленые, с сизоватым оттенком, матовые, крупные, морщинистые, широкояйцевидные, коротко заостренные, с винтообразно скрученной верхушкой, с грубой нервацией. Внешний вид – 4,5 балла, масса плодов – 199 г, среднеуплощенные, одномерные, конические, скошенные. Семена недоразвитые, щуплые или нет вообще. Кожица плодов блестящая, гладкая. Плоды зеленые, с румянцем и с полосами свекольного цвета. Подкожные точки светлые, малочисленные. Вкус плодов – 4,4 балла. Мякоть плодов зеленоватая, плотная, сочная. Биохимический состав плодов: аскорбиновой кислоты (4,1 мг / 100 г), содержание сахаров (11,77 %), титруемых кислот (0,51 %). Плоды хранятся до конца января. Сорт высокоурожайный. За годы исследования 2006–2010 отмечено средний урожай 24 кг/дерева или 24 т/га (посадка 5 × 2 м) (рис. 1).

Министр Киселев. Принят в Госреестр по Центрально-Черноземному региону в 2017 году. Зимний триплоидный сорт, (Чистотел × Уэлси тетраплоидный). Авторы: Е. Н. Седов, З. М. Серова, Г. А. Седышева. Деревья имеют округлую крону, средней густоты. Деревья крупные. Основные ветви кривые, редкие, отходят от ствола под прямым углом. Кора гладкая, серая. Цвет побегов коричневый. Побеги сильно опушенные, коленчатые, средней толщины, дугообразно изогнутые, округлые в сечении. Листья темно-зеленые, морщинистые, блестящие, с грубой нервацией, среднего размера, широкие, округлые, коротко заостренные, с винтообразно скрученной верхушкой. Пластинка листа слабоопушенная, плоская, изогнута вниз. Черешок листа средней длины и толщины, опушенный. Плод средней одномерности, вес – 170 г. Плоды приплюснутые, конические, широкоребристые, правильной формы. Кожица плодов гладкая, блестящая. Основная окраска зеленая, имеется размытый румянец малинового цвета. Семена коричневые, среднего размера, узкие. Мякоть плодов зеленоватая, сочная,

средней плотности, мелкозернистая. Вкус – 4,4 балла (кисло-сладкий). Биохимический состав плодов: содержание растворимых сухих веществ – 14,2 %, аскорбиновой кислоты – 3,4 мг / 100 г, сахаров – 13,11 %, Р-активных веществ – 387 мг / 100 г, органических кислот – 0,59 %. У сорта Министр Киселев урожайность на 50 % выше контрольного сорта Синап орловский. Плоды созревают к 15 сентября, в холодильной камере хранятся до середины марта. Тип плодоношения смешанный.

Исследовательскую работу проводили по общепринятым методикам [15]. Определяли устойчивость сортов яблони к засухе с помощью метода искусственного обезвоживания. Отбирали по 5 листьев в каждой повторности, проводили в двукратной повторности. Высушивание листьев проводили с помощью камеры Еспес PSL-2КРН (Япония). Листья (четвертый – пятый от верхушки побега) отбирали в утренние часы равномерно со всех сторон кроны в двух повторностях. Погода была жаркая и сухая. Листья каждого сорта укладывали в полиэтиленовые пакеты. Потери воды в тканях листьев сортов яблони определяли на момент завершения процесса завядания (через 4 часа). Через 4 часа завядания определили способность к восстановлению оводненности тканей в листьях. Дальше листья взвешивали на электронных весах. Листья ставили в стеклянные стаканчики с водой для насыщения на 12 часов. Для определения абсолютного сухого веса высушивание листьев проводили в специальных бюксах из металла при температуре 105 °С до постоянной массы.



Рис. 1. Сорт яблони селекции ВНИИСПК Орловский партизан

Fig. 1. Apple cultivar selected by VNIISPK Orlovskiy Partizan



Рис. 2. Сорт яблони селекции ВНИИСПК Министр Киселев

Fig. 2. Apple cultivar selected by VNIISPK Ministr Kiselev

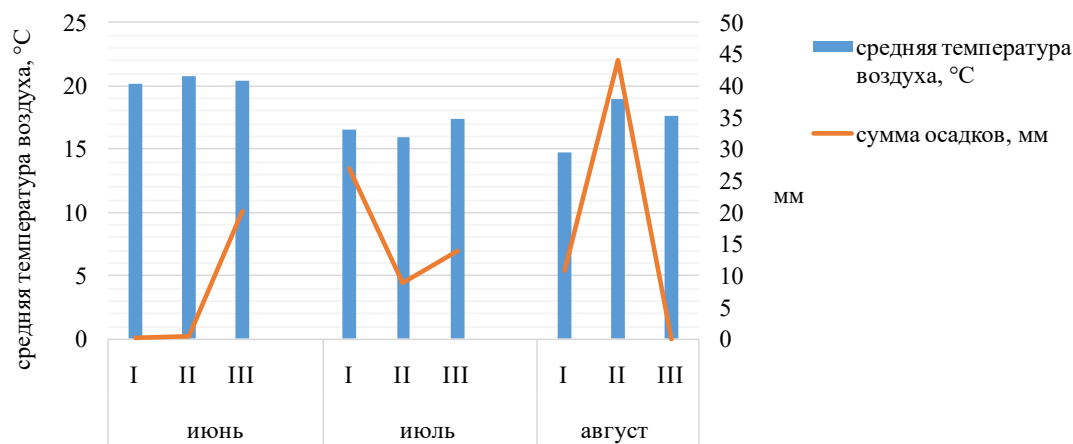


Рис. 3. Средняя температура воздуха и сумма осадков за вегетационный период 2019 г.

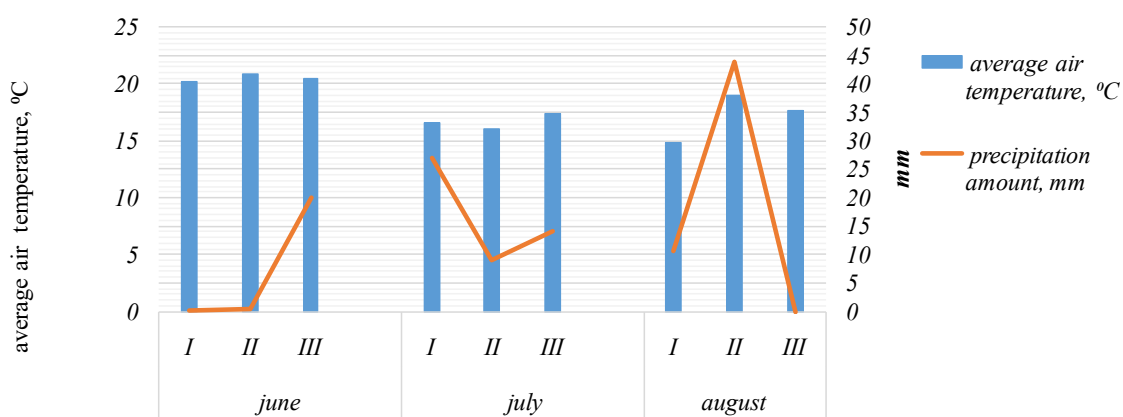


Fig. 3. Average air temperature and precipitation for the growing season in 2019

Определяли гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову. ГТК – показатель силы засухи. Его вычисляют, зная сумму осадков за вегетационный период и сумму среднесуточных, активных температур. ГТК – характеристика условного баланса влаги за определенный период (май – август) в виде отношения приходной его части (осадки) к расходной (испарение).

Градации ГТК:

- 1,0-1,4 – влажные условия;
- более 1,4 – очень влажные условия;
- менее 1,0 – слабозасушливые условия;
- 1,0–0,7 – засушливые условия;
- 0,7–0,4 – очень засушливые условия;
- меньше 0,4 – сухие условия [16].

Изучение урожайности сортов яблони выполняли по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [17]. Учетная делянка – 10 деревьев, повторность – трехкратная.

Полученные данные обрабатывали с помощью программы MS Excel, использовали дисперсионный анализ [18].

Результаты (Results)

У деревьев яблони в засушливых климатических условиях происходит сбрасывание завязи, снижается закладка плодовых почек, прекращается

рост, резко уменьшаются урожай и товарные качества плодов [19; 20]. В конце XX – начале XXI века отмечено повышение температуры воздуха, которое влияет на гидротермические условия периода вегетации [21; 22].

Летние месяцы (июнь, июль, август) в 2019 году были засушливые. В июне средняя температура воздуха была +20,5 °C, ГТК = 0,34 (сухие условия), сумма осадков за месяц составила 20,7 мм, максимальная температура воздуха была +31,5 °C, средняя температура воздуха составила 20,8 °C (рис. 3). Изучение показало, что оводненность тканей в листьях у сортов яблони была на среднем уровне: от 61,7 % у сорта селекции ВНИИСПК Орловское полесье до 67,0 % у сорта американской селекции Honey Crisp. В 2019 году июле ГТК составил 0,95, показатель оводненности в тканях листьев у всех сортов незначительно снизился на 0,5–9,3 %. В августе 2019 года выпадение осадков составило в среднем 54,7 мм, ГТК составил 1,03. Показатель оводненности листьев в августе понизился у всех изучаемых сортов: от 0,3 % у сорта Ligol до 21,6 % у сорта яблони селекции ВНИИСПК Память Семякину. Существенных различий между сортами не выявили (рис. 4).

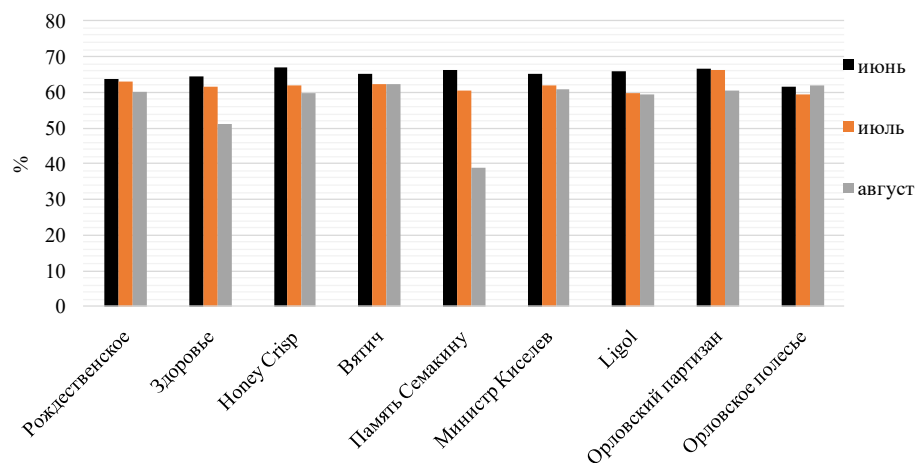


Рис. 4. Оводненность листьев в течение вегетации 2019 г. (июнь – август, $HCP_{05} = F\phi < Fm$)

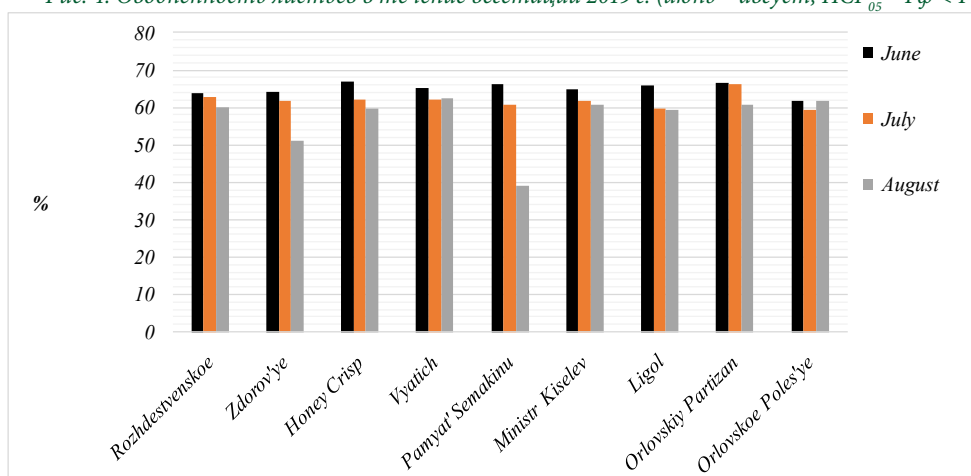


Fig. 4. Leaf hydration during the 2019 growing season (June – August, $LSD_{05} = F\phi < Ft$)

В 2020 году климатические условия в июне были засушливые, максимальная температура воздуха составила 32,0 °С, средняя температура воздуха – 19,9 °С, сумма осадков – 46,4 мм (рис. 5), ГТК = 0,78. В июне 2020 года высокая оводненность в молодых листьях была у сортов селекции ВНИИСПК Здоровье – 71,1 %, Министр Киселев – 69,9 %, Орловский партизан 69,8 % и у сорта польской селекции Ligol – 70,6 % (рис. 6). Максимальная температура в июле достигала до 34,5 °С. Средняя температура июля была 19,6 °С, сумма осадков составила 111,6 мм, ГТК = 1,84 (избыточное увлажнение).

В июле 2020 года у сорта селекции ВНИИСПК Вятки показатель оводненности в листьях составил 69,3 %. У других изучаемых сортов произошло снижение (существенных различий не было). В августе ГТК = 0,46 (недостаточное увлажнение), средняя температура воздуха была 18,2 °С, сумма осадков составила 26,0 мм. Оводненность в листьях имела существенные различия у сортов Honey Crisp (63,3 %) и Здоровье (60,8 %). В августе у зимних сортов яблони идет активный процесс формирования и созревания плодов. (рис. 6).

За два года изучения при таких погодных условиях отмечен средний показатель оводненности тканей листьев у всех исследуемых сортов.

Водный дефицит – когда растительные клетки испытывают недостаток воды. Для устойчивых форм растений при оценке водного режима листа в момент взятия образцов водный дефицит должен быть 10–20 %. Для неустойчивых форм – более 30 %. У растений, устойчивых к засухе, – 35–40 % [5].

Июнь 2019 года был сухим (ГТК = 0,34). Наименьший показатель водного дефицита в полевых условиях был отмечен у сорта яблони Память Семякину (3,8 %), наибольший показатель водного дефицита – у сортов селекции ВНИИСПК Рождественское (8,9 %) и Вятки (8,8 %). В июле 2019 года погодные условия были засушливые (ГТК = 0,92), водный дефицит повысился у сортов Орловский партизан (5,2 %), Ligol (6,6 %), Память Семякину (6,3 %), Министр Киселев (6,3 %), Орловское полестье (10,0 %). В августе 2019 года гидротермический коэффициент составил 1,03, наибольший показатель водного дефицита в листьях отмечен у сортов Орловский партизан (12,3 %), Министр Киселев (9,5 %), Honey Crisp (9,2 %) (рис. 7).

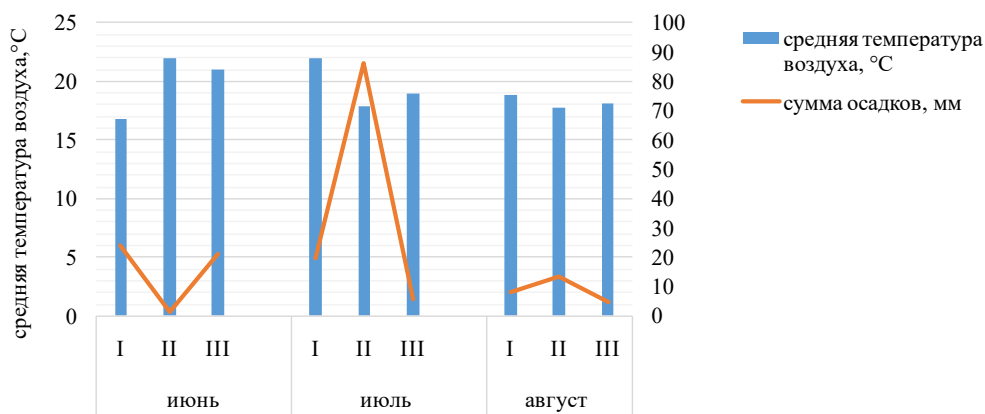


Рис. 5. Средняя температура воздуха и сумма осадков за вегетационный период 2020 г.

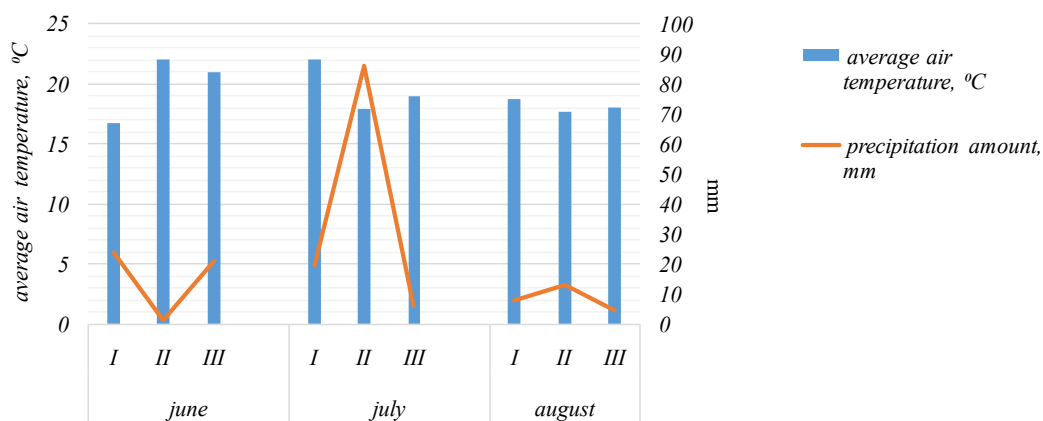


Fig. 5. Average air temperature and precipitation for the growing season in 2020

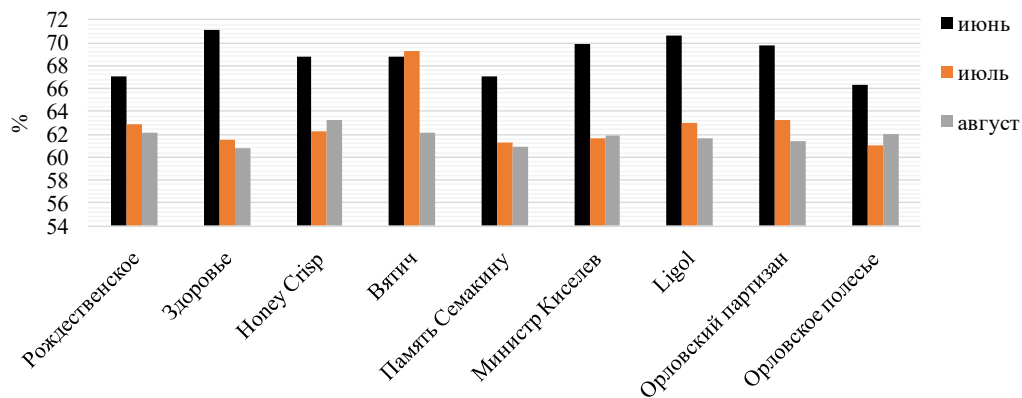


Рис. 6. Оводненность листьев в течение вегетации 2020 года (июнь: $HCP_{05} = 3,7$, июль: $F_f < F_t$, август: $HCP_{05} = 0,8$)

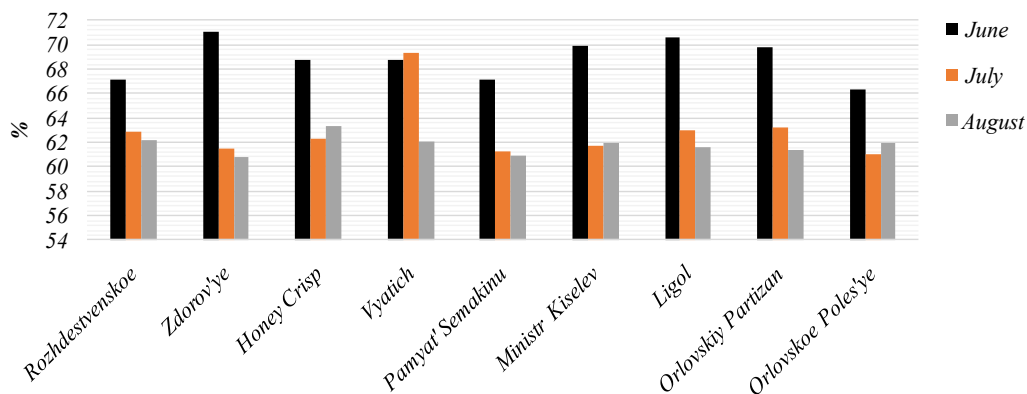


Fig. 6. Leaf hydration during the 2020 growing season (June: $LSD_{05} = 3.7$; July $F_f < F_t$, August: $LSD_{05} = 0.8$)

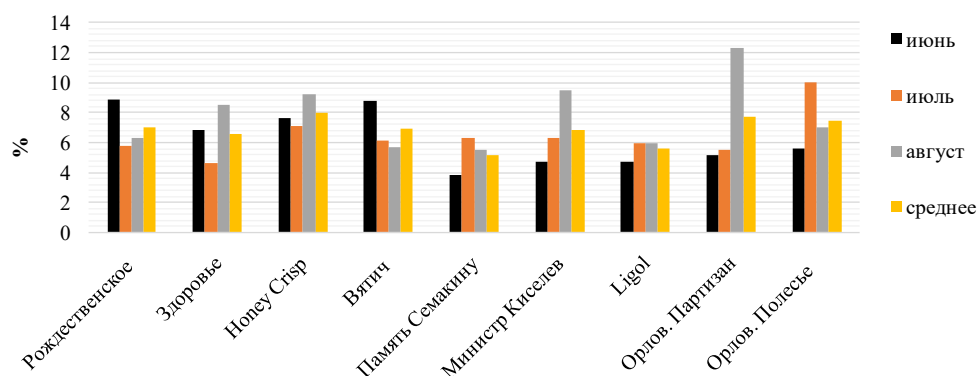


Рис. 7. Водный дефицит у листьев сортов яблони в саду в июле – августе 2019 года, % (НСР₀₅ Fф < Fm)

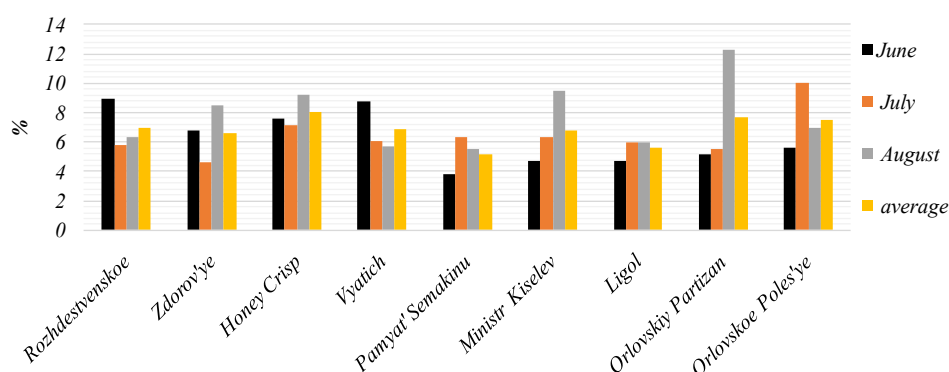


Fig. 7. Water deficiency of leaves of apple cultivars in the garden during the June – August 2019, % (LSD₀₅ Ff < Ft)

Среди изучаемых сортов в 2020 году в июне при ГТК = 0,78 (засушливые условия) отмечен наибольший показатель водного дефицита в листьях сортов: Министр Киселев – 9,2 %, Здоровье – 9,4 %, Орловское полесье – 10,8 %, Вятич – 12,3 %, Орловский партизан – 15,6 %. Гидротермический коэффициент в июле 2020 был равен 1,84 (избыточное увлажнение), водный дефицит повысился у сортов Память Семякину (9,1 %) и Honey Crisp (8,9 %). У остальных сортов понизился. В августе 2020 года погодные условия были сухие, ГТК составил 0,46, водный дефицит листьев у всех изучаемых сортов понизился по сравнению с июлем. У сорта яблони Орловский партизан водный дефицит листьев повысился и составил 10,2 %, что существенно выше, чем у других сортов (рис. 8).

Водный дефицит тканей листьев сортов яблони можно изучить и в лабораторных условиях, это более ускоренный метод для выделения наиболее засухоустойчивых сортов. В июне 2019 года в лабораторных условиях водный дефицит тканей листьев составил от 17,2 % (Вятич) до 28,3 % (Орловское полесье). В июле 2019 года у сорта американкой селекции Honey Crisp понизился водный дефицит (20,6 %), у остальных сортов повысился. В августе 2019 года выявили повышение водного дефицита тканей листьев у сортов от 36,1 % (Ligol) до 54,1 % (Здоровье), кроме сорта Орловское полесье – 37,5 % (рис. 9). В августе у деревьев происходит основное созревание плодов, идет процесс поступления воды из листьев в плоды.

В 2020 году в июне у изучаемых сортов водный дефицит тканей листьев после моделирования засухи (в лабораторных условиях) был низкий. Водный дефицит листьев был существенно больше у сортов Honey Crisp (31,2 %), Орловский партизан (29,8 %), Орловское полесье (27,0 %), Вятич (26,3 %), Здоровье (26,3 %), чем и других изучаемых сортов. В июле 2020 года у изучаемых сортов показатель водного дефицита в листьях повысился, значительно повысился у сорта Здоровье (на 31,0 %). В августе 2020 года после моделирования засухи водный дефицит в листьях у большинства сортов увеличился: Ligol – 44,2 %, Орловское полесье – 37,1 %, Орловский партизан – 36,4 %, Honey Crisp – 36,5 % (рис. 10). Исследования показали, что по среднему показателю водного дефицита листьев существенных различий между сортами нет.

Исследования оводненности листьев в лабораторных условиях (моделирование засухи) показали, что в среднем за вегетационный период 2019 года существенных различий между сортами не было, наибольший показатель – у сортов Орловский партизан (129,2 %) и Ligol (127,5 %). Наименьший показатель оводненности листьев в лабораторных условиях получен у сортов Орловское полесье (114,5 %) и Здоровье (114,6 %).

В 2020 году наибольший показатель оводненности тканей листьев после моделирования засухи был у сорта Рождественское (134,1 %), наименьший – у сорта Ligol (109,5 %) (рис. 11).

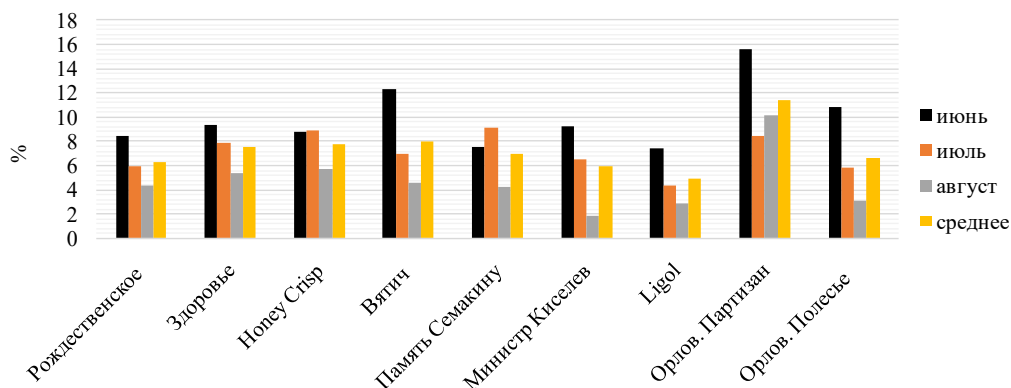


Рис. 8. Водный дефицит у листьев сортов яблони в саду в июле – августе 2020 года, % ($HCP_{05}, F\phi < Fm$)

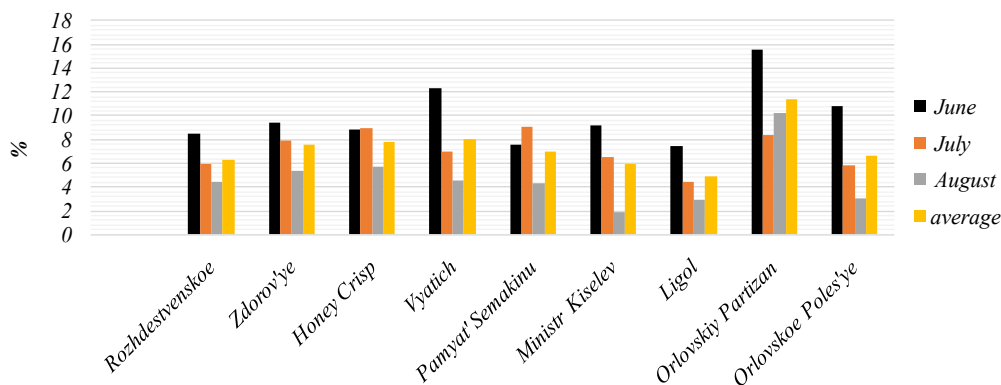


Fig. 8. Water deficiency of leaves of apple cultivars in the garden during the June – August 2020, % (June, July: $LSD_{05}, F\phi < Fm$; August: $LSD_{05} = 2,7$)

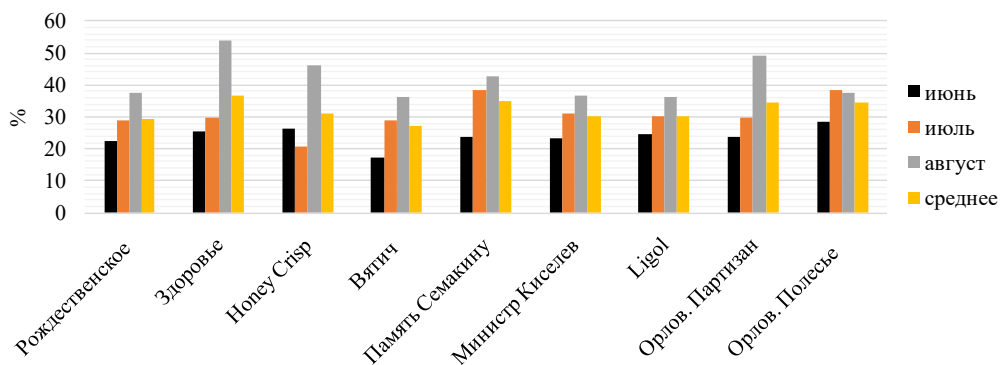


Рис. 9. Определение водного дефицита листьев сортов яблони после моделирования засухи, 2019, % ($HCP_{05}, F\phi < Fm$)

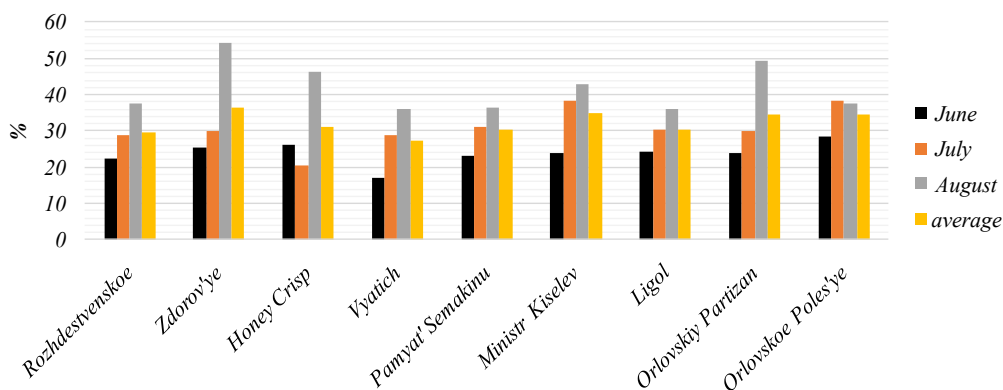


Fig. 9. Determination of water deficiency in leaves of apple tree varieties after drought, 2019, % ($LSD_{05}, F\phi < Fm$)

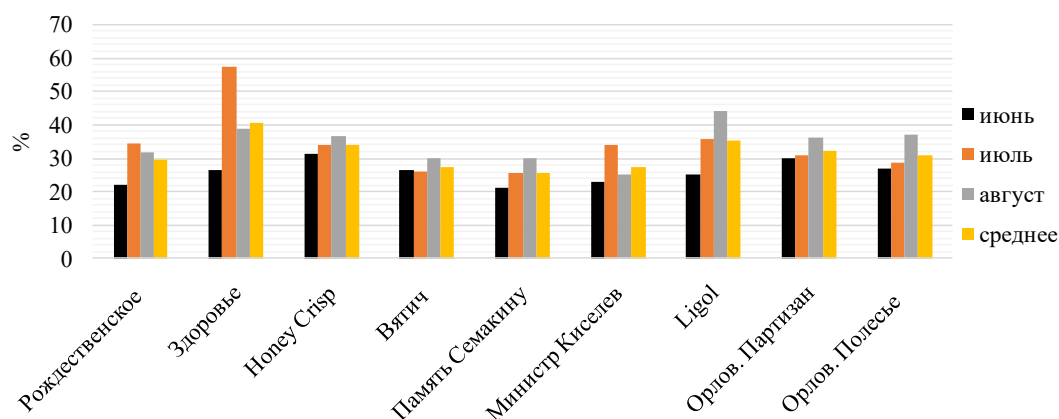


Рис. 10. Определение водного дефицита листьев сортов яблони после проведения засухи, 2020, % (HCP_{05} , $F\phi < Fm$)

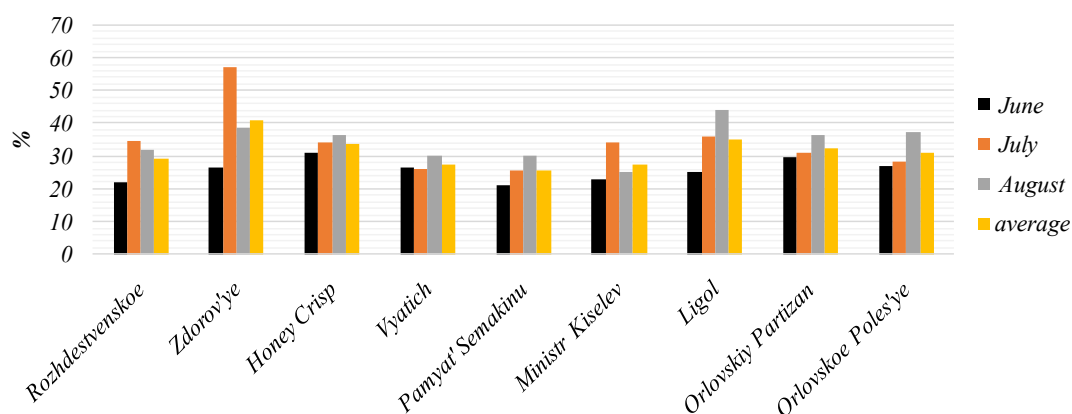


Fig. 10. Determination of water deficiency in leaves of apple tree varieties after drought, 2020, % (LSD_{05} , $F\phi < Fm$)



Рис. 11. Сорт яблони селекции ВНИИСПК Рождественское

Fig. 11. Apple cultivar Rozhdestvenskoe selected by VNIISPK

В лабораторных условиях выявили (в среднем за два года), что у исследуемых сортов высокий уровень способности восстановления оводненности тканей в листьях после засухи и последующего насыщения их водой (118,4–128,5 %). Наименьший показатель был у сорта польской селекции Ligol (118,4 %). У сорта американской селекции Honey Crisp он составил 121,3 % (рис. 12).

У сортов селекции ВНИИСПК Рождественское и Орловский партизан выявили в лабораторных условиях наиболее высокий уровень способности восстановления оводненности тканей в листьях после засухи и последующего насыщения их водой: 128,5 % и 127,7 % соответственно (рис. 13).

Важно подобрать сорта адаптированные, скороплодные, с ежегодным плодоношением и с плодами с высокими товарными качествами. В 2019 году было отмечено единичное цветение у сортов Рождественское, Здоровье, Орловский партизан, Министр Киселев, Ligol. Сорта вступили в плодоношение на четвертый год роста деревьев в саду. В 2020 году наибольшая урожайность была у сорта селекции ВНИИСПК Здоровье (4,1 кг с дерева) и у американского сорта Honey Crisp (3,7 кг с дерева). В 7-летнем возрасте (2023 год) наибольшая урожайность была у сортов селекции ВНИИСПК Здоровье (27,5 кг с дерева) и Рождественское (22,1 кг с дерева). Наименьшая урожайность была у сорта Орловский партизан (1,8 кг с дерева) (таблица 1).

Таблица 1
Урожайность сортов яблони 2019–2023 гг. (посадка – осень 2016 г.), кг/деревца

Сорт	2019	2020	2021	2022	2023	Среднее
Рождественское	0	0,4	14,6	11,6	22,1	9,7
Здоровье	0	4,1	6,5	9,9	27,5	9,6
Honey Crisp	0	3,7	1,4	19,0	10,3	6,9
Вятич	0,8	1,2	8,0	10,6	6,2	5,4
Память Семякину	0	0	2,9	12,0	10,4	5,1
Министр Киселев	0	0,5	6,7	6,3	7,8	4,3
Ligol	0	0,9	2,4	8,3	5,1	3,3
Орловский партизан	0	0,2	2,8	4,6	1,8	1,9
Орловское полесье	0	0	1,4	1,9	2,5	1,2
HCP ₀₅						5,6
HCP ₀₁						7,6
HCP ₀₀₁						10,1

Table 1
Average yield of apple varieties 2019–2023 (autumn planting, 2016), kg/tree

Сорт	2019	2020	2021	2022	2023	Среднее
Rozhdestvenskoe	0	0.4	14.6	11.6	22.1	9.7
Zdorov'ye	0	4.1	6.5	9.9	27.5	9.6
Honey Crisp	0	3.7	1.4	19.0	10.3	6.9
Vyatich	0.8	1.2	8.0	10.6	6.2	5.4
Pamyat' Semakinu	0	0	2.9	12.0	10.4	5.1
Ministr Kiselev	0	0.5	6.7	6.3	7.8	4.3
Ligol	0	0.9	2.4	8.3	5.1	3.3
Orlovskiy Partizan	0	0.2	2.8	4.6	1.8	1.9
Orlovskoe Poles'ye	0	0	1.4	1.9	2.5	1.2
HCP ₀₅						5.6
HCP ₀₁						7.6
HCP ₀₀₁						10.1



Рис. 12. Сорт яблони американской селекции Honey Crisp

Fig. 12. Apple cultivar of American breeding Honey Crisp

Урожайность в среднем за годы изучения была существенно выше у сортов селекции ВНИИСПК Рождественское (9,7 кг с дерева, или 7,8 т/га), Здоровье (9,6 кг с дерева, или 7,7 т/га) и у сорта американской селекции Honey Crisp (6,9 кг с дерева, или 5,5 т/га), чем у остальных изучаемых сортов. У сорта польской селекции Ligol урожайность в среднем составила 3,3 кг с дерева, или 2,6 т/га) (рис. 14).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

За два года исследований в таких погодных условиях, какие были в 2019 и в 2020 годах, отмечен средний уровень оводненности тканей в листьях у сортов яблони (польской, американской селекции и селекции ВНИИСПК) в течение вегетационного периода. Сорта яблони после проведения засухи (в лабораторных условиях в 2019, 2020 годах) имели средний уровень водного дефицита листьев. Наиболее высокий уровень способности восстановления оводненности тканей листьев после засухи и последующего насыщения их водой в лабораторных условиях был у сортов селекции ВНИИСПК Рождественское (128,5 %) и Орловский партизан (127,7 %). Из интродуцированных сортов выделялся американский сорт Honey Crisp (121,3 %).

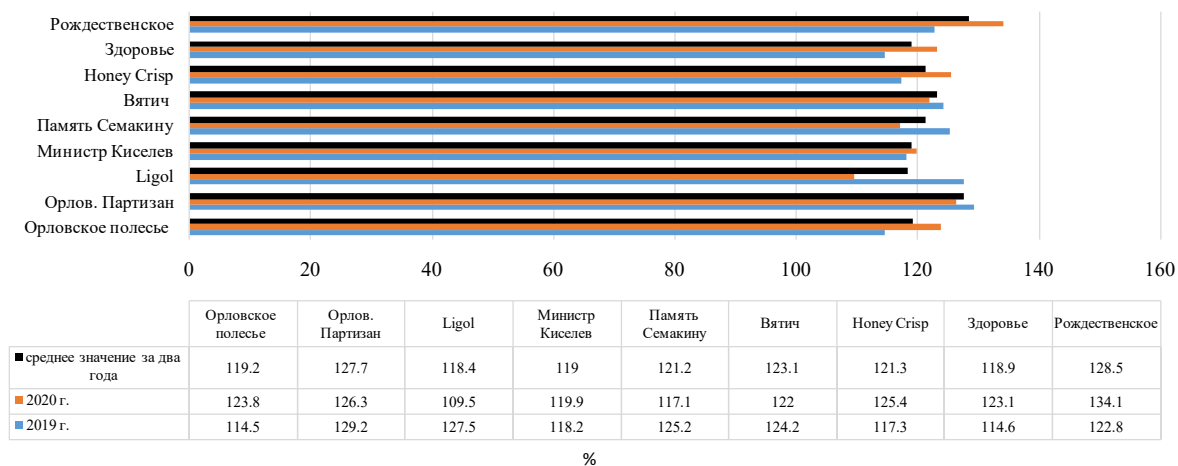


Рис. 13. Восстановление оводненности тканей листьев сортов яблоки после моделирования засухи, % (HCP₀₅ Fф < Fm)

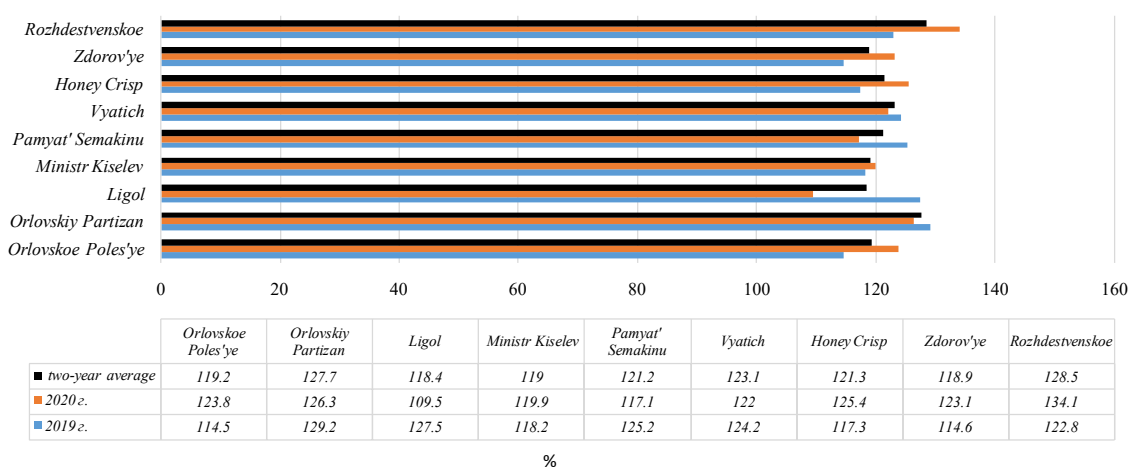


Fig. 13. Restoration of leaf tissues hydration after modeling drought, % (LSD05 Ff < Ft)

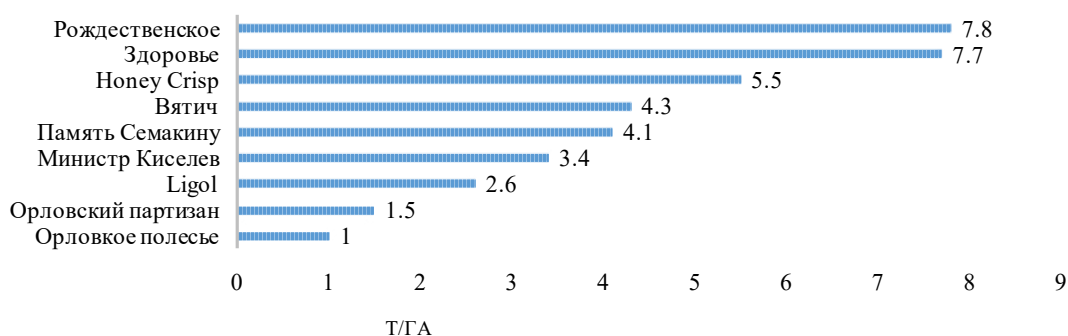


Рис. 14. Средняя урожайность сортов яблоки 2019–2023 гг. (посадка – осень 2016 г.)

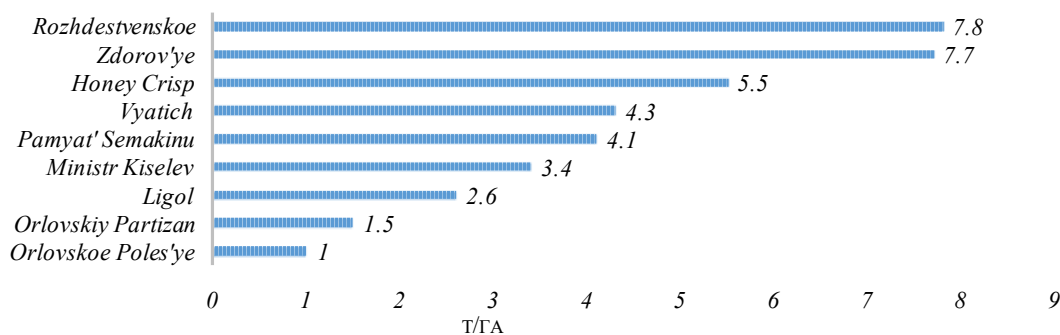


Fig. 14. Average yield of apple varieties 2019–2023 (autumn planting, 2016)

Анализ исследований в среднем за 2019–2023 годы показал наибольшую урожайность у сортов селекции ВНИИСПК Рождественское (7,8 т/га),

Здоровье (7,7 т/га) и у сорта американской селекции Honey Crisp (5,5 т/га), по сравнению с другими сортами селекции ВНИИСПК.

Библиографический список

1. Березина Т. В., Савин Е. З. Засухоустойчивость плодовых культур *Malus Mill.* и *Pyrus l.* в степной зоне Заволжско-уральского региона // Вопросы степеведения. 2020. Вып. 16, № 1. С. 61–69. DOI: 10.24411/9999-006A-2020-10007.
2. Сотник А. И., Чакалов Т. С. Изучение засухоустойчивости клоновых подвоев яблони в предгорной зоне Крыма // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2022. Т. 24, № 1. С. 26–29. DOI: 10.35547/IM.2022.53.17.004.
3. Shi C. Y., Liu L., Li Q. L., Wei Z. F., Gao D. T. Comparison of drought resistance of rootstocks 'M9-T337' and 'M26' grafted with 'Huashuo' apple // Horticulture, Environment, and Biotechnology. 2022. No. 63. Pp. 299–310. DOI: 10.1007/s13580-021-00398-z.
4. Ожерельева З. Е., Галашева А. М., Красова Н. Г. Изучение устойчивости яблони в условиях теплового шока // Современное садоводство. 2018. № 2 (26). DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10201.
5. Галашева А. М., Королев Е. Ю., Ожерельева З. Е. Урожайность и устойчивость к условиям засухи сортов яблони на полукарликовом подвое 54-118 // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. Т. 7, № 1-2. С. 34–39. DOI: 10.24411/2500-0454-2020-11209.
6. Ненько Н. И., Киселева Г. К., Ульяновская Е. В., Караваева А. В., Схаляхо Т. В. Водный обмен и пигментный состав листьев яблони в связи с засухой // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 69 (3). С. 123–137. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-3-69-123-137.
7. Bai T. Li, Song C., Song S., Jiao J., Liu Y., Dong Z., Zheng X. Contrasting drought tolerance in two apple cultivars associated with difference in leaf morphology and anatomy // American Journal of Plant Sciences. 2019. No. 10 (5). Pp. 709–722. DOI: 10.4236/ajps.2019.105051.
8. Wang Z., Li G., Sun H., Ma L., Guo Y., Zhao Z., Mei L. Effects of drought stress on photosynthesis and photosynthetic electron transport chain in young apple tree leaves // Biology Open. 2018. No. 7 (11). DOI: 10.1242/bio.035279.
9. Меншутина Т. В., Костенко М. Г. Оценка пригодности возделывания летних сортов яблони по интенсивной технологии в аридной зоне // Вестник КрасГАУ. 2023. № 9. С. 84–89. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-9-84-89.
10. Panfilova O., Kahramanoğlu I., Ondrasek G., Okatan V., Ryago N., Tsoy M., Golyaeva O., Knyazev S. Creation and Use of Highly Adaptive Productive and Technological Red Currant Genotypes to Improve the Assortment and Introduction into Different Ecological and Geographical Zones // Plants. 2022. No. 11 (802). DOI: 10.3390/plants11060802
11. Hayat F., Iqbal S., Coulibaly D., Razzaq M. K., Nawaz M. A., Jiang W., et al. An insight into dwarfing mechanism: contribution of scion-rootstock interactions toward fruit crop improvement // Fruit Research. 2021. Vol. 1. Article number 3. DOI: 10.48130/FruRes-2021-0003.
12. Савельев Н. И., Юшков А. Н., Савельева Н. Н., Земисов А. С., Чивилев В. В., Кириллов Р. Е., Акимов М. Ю., Гладышева М. Б., Кружков Ал. В., Конюхова А. А., Чмир Р. А., Богданов Р. Е., Кружков Ан. В. Генетический потенциал устойчивости плодовых культур к абиотическим стрессорам. Мичуринск: ФНЦ им. И. В. Мичурина, 2010. 212 с.
13. Krasova N. G., Ozherelieva Z. E., Galasheva A. M., Lupin M. V. Production and biological assessment of VNIISPК cultivars of various ploidy for the zone of temperate continental climate // Plants. 2022. Vol. 11, No. 20. Article number 2770. DOI: 10.3390/plants11202770.
14. Bhusal N., Han S. G., Yoon T. M. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus × domestica Borkh.*) // Scientia Horticulturae. 2019. No. 246. Pp. 535–543. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.021.
15. Прудников П. С., Ожерельева З. Е. Физиолого-биохимические методы диагностики устойчивости плодовых культур к засухе и гипертермии: методические рекомендации. Орел: ВНИИСПК, 2019. 46 с.
16. Ханин В. Ф., Ханина Н. П. Зависимость содержания Р-активных веществ и витамина С в ягодах черной смородины в зависимости от гидротермического режима вегетации // Бюллетень научной информации Центральной генетической лаборатории имени И. В. Мичурина. 1990. № 49. С. 42–48.
17. Седов Е. Н., Красова Н. Г., Жданов В. В., Долматов Е. А., Можар Н. В. Семечковые культуры (яблоня, груша, айва) // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 253–300.

18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. Москва: Книга по требованию, 2013. 349 с.
19. Mineata Iu., Golache Iu. E., Sirbu S., Slabu C., Perju I., Ostaci S., Jitareanu C. D. Study of the water regime in some sweet cherry cultivars under north-eastern Romanian conditions // *Scientific Papers. Series B. Horticulture*. 2023. Vol. 67, No. 1. Pp. 117–122.
20. Зацепина И. В. Засухоустойчивость и жаростойкость форм груши и айвы // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2022. № 76 (4). С. 14–25. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-4-76-14-25.
21. Łysiak G. P., Szot I. The use of temperature based indices for estimation of fruit production conditions and risks in temperate climates // *Agriculture*. 2023. Vol. 13, No. 5. Article number 960. DOI: 10.3390/agriculture13050960
22. Ожерельева З. Е., Красова Н. Г., Галашева А. М. Жаростойкость сортов яблони // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2020. № 65 (5). С. 179–192. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-5-65-179-192

Об авторах:

Анна Мироновна Галашева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая отделом селекции, сортоизучения и сортовой агротехники семечковых культур, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская область, Россия; ORCID 0000-0001-8795-9991, AuthorID 607708. *E-mail: anna-galsheva@mail.ru*

Зоя Евгеньевна Ожерельева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией физиологии устойчивости плодовых растений, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская область, Россия; ORCID 0000-0002-1730-4073, AuthorID 399577. *E-mail: ozherelieva@orel.vniispk.ru*

References

1. Berezina T. V., Savin E. Z. Drought resistance of fruit crops *Malus* Mill. and *Pyrus* L. in the steppe zone of the Volga-Ural region. *Questions of Steppe Studies*. 2020. No.16 (1): 61–69. DOI: 10.24411/9999-006A-2020-10007. (In Russ.)
2. Sotnik A. I., Chakalov T. S. Study of drought tolerance of clonal rootstocks of apple trees in the foothills of the Crimea. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2022; 24. 1 (119): 26–29. DOI: 10.35547/IM.2022.53.17.004. (In Russ.)
3. Shi C. Y., Liu L., Li Q. L., Wei Z. F., Gao D. T. Comparison of drought resistance of rootstocks 'M9-T337' and 'M26' grafted with 'Huashuo' apple. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2022; 63: 299–310. DOI: 10.1007/s13580-021-00398-z.
4. Ozherelieva Z. E., Galasheva A. M., Krasova N. G. The study of apple resistance under conditions of heat shock. *Contemporary Horticulture*. 2018; 2 (26). DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10201. (In Russ.)
5. Galasheva A. M., Korolev E. Yu., Ozherelieva Z. E. Productivity and resistance to drought conditions of apple varieties on semi-dwarf rootstock 54-118. *Breeding and Variety Breeding of Garden Crops*. 2020; 7 (1-2): 34–39. DOI: 10.24411/2500-0454-2020-11209. (In Russ.)
6. Nen'ko N. I., Kiseleva G. K., Ul'yanovskaya E. V., Karavaeva A. V., Skhalyakho T. V. Water exchange and pigment composition of apple leaves in connection with drought. *Fruit Production and Viticulture of the South of Russia*. 2021; 69 (3): 123–137. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-3-69-123-137. (In Russ.)
7. Bai T. Li, Song C., Song S., Jiao J., Liu Y., Dong Z., Zheng X. Contrasting drought tolerance in two apple cultivars associated with difference in leaf morphology and anatomy. *American Journal of Plant Sciences*. 2019; 10 (5): 709–722. DOI: 10.4236/ajps.2019.105051.
8. Wang Z., Li G., Sun H., Ma L., Guo Y., Zhao Z., Mei L. Effects of drought stress on photosynthesis and photosynthetic electron transport chain in young apple tree leaves. *Biology Open*. 2018; 7 (11). DOI: 10.1242/bio.035279.
9. Menshutyna T. V., Kostenko M. G. Assessment of suitability for cultivation of summer varieties of apple by intensive technology in the arid zone. *Vestnik KrasGAU*. 2023; 9 (198): 84–89. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-9-84-89. (In Russ.)
10. Panfilova O., Kahramanoğlu I., Ondrasek G., Okatan V., Ryago N., Tsoy M., Golyaeva O., Knyazev S. Creation and Use of Highly Adaptive Productive and Technological Red Currant Genotypes to Improve the Assortment and Introduction into Different Ecological and Geographical Zones. *Plants*. 2022; 11 (802). DOI: 10.3390/plants11060802.
11. Hayat F., Iqbal S., Coulibaly D., Razzaq M. K., Nawaz M. A., Jiang W., et al. An insight into dwarfing mechanism: contribution of scion-rootstock interactions toward fruit crop improvement. *Fruit Research*. 2021; 1: 3. DOI: 10.48130/FruRes-2021-0003.

12. Savel'yev N. I., Yushkov A. N., Savel'yeva N. N., Zemisov A. S., Chivilev V. V., Kirillov R. E., Akimov M. Yu., Gladysheva M. B., Kruzhev A. V., Konyukhova A. A., Chmir R. A., Bogdanov R. E., Kruzhev An. B. *Genetic potential of fruit crops resistance to abiotic stressors*. Michurinsk: FNC im. I. V. Michurina, 2010. 212 p. (In Russ.)
13. Krasova N. G., Ozherelieva Z. E., Galasheva A. M., Lupin M. V. Production and biological assessment of VNIISPK cultivars of various ploidy for the zone of temperate continental climate. *Plants*. 2022; 11 (20): 2770. DOI: 10.3390/plants11202770. (In Russ.)
14. Bhusal N., Han S. G., Yoon T. M. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus × domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*. 2019; 246: 535–543. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.021
15. Prudnikov P. S., Ozherelieva Z. E. Physiological and biochemical methods of diagnosing resistance of fruit crops to drought and hyperthermia. Methodical recommendations. Orel: VNIISPK, 2019. 46 p. (In Russ.)
16. Khanin V. F., Khanina N. P. Dependence of the content of P-active substances and vitamin C in black currant berries depending on the hydrothermal regime of vegetation. *Bulletin of Scientific Information of the Central Genetic Laboratory named after I. V. Michurin*. 1990; 49: 42–48. (In Russ.)
17. Sedov E. N., Krasova N. G., Zhdanov V. V., Dolmatov E. A., Mozhar N. V. Pome crops (apple, pear, quince). In: *Program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops*. Orel: VNIISPK, 1999. Pp. 253–300. (In Russ.)
18. Dospekhov B. A. *Methodology of field experience: with the basics of statistical processing of research results*. Moscow: Book on Demand, 2013. 349 p. (In Russ.)
19. Mineata Iu., Golache Iu. E., Sirbu S., Slabu C., Perju I., Ostaci S., Jitareanu C. D. Study of the water regime in some sweet cherry cultivars under north-eastern Romanian conditions. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*. 2023; 67 (1): 117–122.
20. Zatssepina I. V. Drought resistance and heat resistance of pear and quince forms. *Fruit Growing and Viticulture of the South of Russia*. 2022; 76 (4): 14–25. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-4-76-14-25. (In Russ.)
21. Łysiak G. P., Szot I. The use of temperature based indices for estimation of fruit production conditions and risks in temperate climates. *Agriculture*. 2023; 13 (5): 960. DOI: 10.3390/agriculture13050960.
22. Ozherelieva Z. E., Krasova N. G., Galasheva A. M. Heat resistance of apple tree varieties. *Fruit Growing and Viticulture of the South of Russia*. 2020; 65 (5): 179–192. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-5-65-179-192. (In Russ.)

Authors' information:

Anna M. Galasheva, candidate of agricultural sciences, leading researcher, head of the laboratory of apple variety studies and varietal agrotechnics, Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), Zhilina village, Orel region, Russia; ORCID 0000-0001-8795-9991, AuthorID 607708. *E-mail: anna-galasheva@mail.ru*

Zoya E. Ozherelieva, candidate of agricultural sciences, leading researcher, head of the laboratory of physiology of fruit plant resistance, Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), Zhilina village, Orel region, Russia; ORCID 0000-0002-1730-4073, AuthorID 399577. *E-mail: ozherelieva@orel.vniispk.ru*