

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЗАСУХОУСТОЙЧИВЫЕ И ЖАРОСТОЙКИЕ ВИДЫ СОРТА РОДА *MALUS* MILL. ДЛЯ СОЗДАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ АГРОЦЕНОЗОВ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАВОЛЖСКО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Т.В. Березина, Е.З. Савин

Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

e-mail: gaevskayatatyana@mail.ru

Устойчивость и продуктивность садовых агроценозов зависит от адаптации плодовых растений к климатическим и ландшафтно-экологическим условиям. Для создания рентабельных плодовых насаждений в Заволжско-Уральском регионе необходимы сорта с высоким потенциалом устойчивости к засухе. Цель нашего исследования – изучение засухоустойчивости и жаростойкости видов и сортов рода *Malus* Mill., произрастающих на исследуемой территории. Для оценки засухоустойчивости определяли: оводненность листьев, водный дефицит, водоудерживающую способность за 2-6 часов, потерю воды в среднем за 1 час и жаростойкость. Объектами исследований за 2 года были 180 образцов видов, сортов и форм рода *Malus*.

В 2019 г. отсутствовали стрессовые климатические факторы, поэтому большая часть изученных образцов получили высокую оценку относительной засухоустойчивости. Среди самых устойчивых видов и сортов рода *Malus* 2019 г. можно назвать: *M. fusca*, *M. zumi*, *M. kaido.*, *M. baccata* (Дубки), и клоновые подвои Урал 1, Урал 5, Урал 8, Арм 18, ОБ 3-4, ОБ 4-3, 54-118 и другие. Вегетационный период 2020 г. был аномально жарким и сухим. Многие из лидирующих видов и форм 2019 г. по содержанию воды в тканях в 2020 г. показали более низкие результаты. Среди самых устойчивых представителей рода *Malus* в 2020 г. отмечены - *M. denticulata*, *M. mandzschurica*, *M. sikkimensis*, *M. turkmenorum* №4, *M. turkmenorum* №5, *M. purpurea*, *M. zumi*, 70-20-20, Урал 7, Волга 12.

Ключевые слова: засухоустойчивость, жаростойкость, яблоня, оводненность листьев; водный дефицит; водоудерживающую способность.

Введение

Основная задача современного плодоводства – создание адаптированных и экономически рентабельных агроценозов. Устойчивость и рентабельность садов во многом зависит от генетически обусловленной адаптации плодовых растений к климатическим и ландшафтно-экологическим условиям региона [1].

На юге России виды и сорта рода *Malus* Mill. подвержены действию низких температур зимой, высоких температур летом, дефициту почвенной и воздушной влаги, высокой инсоляции [2]. Засуха и высокие температуры летнего периода вызывают снижение ростовых процессов, происходит осыпание листьев и плодов. Помимо этого, недостаток влаги оказывает влияние на закладку плодовых почек, что приводит к снижению урожая следующего года. Климатический стресс оказывает влияние на фотосинтез, водный обмен плодового дерева и на физиолого-биохимические, анатомо-морфологические показатели. Отбор засухоустойчивых и жаростойких форм в разных зонах плодоводства необходимое условие для эффективного селекционного процесса для создания адаптированных сортов [2-10]. Засухоустойчивость плодовых деревьев оценивают, изучая водный режим, а именно оводненность тканей листа, скорость потери воды листьями за определенный период, восстановление тургора и другие показатели [11].

Яблоня является основной семечковой культурой Заволжско-Уральского региона. Этот регион расположен в зоне недостаточного увлажнения и является засушливым для

промышленного садоводства [12]. Нестабильные климатические условия (осадки, температура) в вегетационный период могут привести не только к потере урожая, но и к гибели плодовых деревьев [13-15]. Для создания рентабельных плодовых насаждений необходимы сорта с высоким потенциалом устойчивости к засухе. Цель нашего исследования – изучение засухоустойчивости и жаростойкости видов и сортов рода *Malus* Mill., произрастающих на исследуемой территории для использования устойчивых форм в селекции на засухоустойчивость. Для реализации поставлены задачи:

1. Оценить засухоустойчивость плодовых культур: оводненность листьев; водный дефицит; водоудерживающую способность.
2. Определить жаростойкость листьев.
3. Выделить перспективные засухоустойчивые формы для дальнейшей селекции в Заволжско-Уральском регионе.

Материалы и методы

В 2019 г. объектами исследования были 117 опытных образцов видов, сортов и форм рода *Malus*. Они представлены 18 видами рода *Malus* – *M. platicarpa* Rehd., *M. pratti* (Hemsl.) Schneid., *M. tranzitoria* (Batal.) Schneid., *M. purpurea* (Barbier) Rehd., *M. sikkimensis* (Wenz.) Likh., *M. turkmenorum* Juz. & Popov, *M. denticulate* Lavalley, *M. fusca* (Schneid.) Likh., *M. mandtschurica* (Kom.) Likh., *M. zumi* (Mats.) Rehd., *M. kansuensis* (Batalin) CK Schneid., *M. Nedzwetzkiiana* (Dieck) Likh., *M. kaido* Mak., *M. spectabilis* (Ait.) Borkh., *M. baccata* (L.) Borkh., *M. sylvestris* Mill., *Malus turkmenorum* Баба-арабская, *M. domestica* Borkh и 70 сортами клоновых подвоев: ОБ 3-14, 65-151, 57-233, ОБ 2-15, Е 56, 70-20-20, 64-143, 62-223, Арм 18, ОБ 1-5, 62-509, 76-23-2, 57-545, 62-223, 57-233, 62-396, 7-1-7-22, 5-18-1, Урал 5, Дон 70-456, Урал 1, 65-151, Урал 6, 54-118, 57-225, ОБ 2-1, Урал 2, ОБ 2-14, ОБ 3-4, ОБ 3-7, Урал 3, СА 12-1, СА 12-3, СА 14-1, П 4-4, П 8-8, СК-2, ОБ 3-10, К-1, К-2, СПС-7, Урал 8, СПС 7А, Волга 3, 4-5, отбор Урал 5-1, ОБ 4-3, Волга 12, ОБ 2-3, ОБ 2-4, 8-2, ОБ 3-13, ОБ 2-15, 8-8, 18-4, Волга 18, 19-10, 19-3, 19-7, 19-10 и другие отборные гибридные формы.

В 2020 г. объектами исследования были 63 образца рода *Malus*, они представлены 19 видами и 33 сортами. К видам и сортам, что были исследованы в 2019 году, за исключением *M. baccata*, *M. sylvestris*, добавились новые *M. nan-schanskaya* Rehd., *M. ioensis* (A. Wood) Likh., *M. «Crab Cola»* (*M. coronaria* (L.) Mill. × сорт «Боровинка»).

Исследуемые культуры произрастают в Ботаническом саду ОГУ и в коллекционных насаждениях г. Оренбурга. Они имеют различное происхождение – Америка, Восточная Азия, Сибирь, Дальний Восток, Средняя Азия. Основная часть коллекции была получена с Ботанического сада МГУ и заложена в 2012–2014 гг. Исходные формы привиты на сеянцы *Malus prunifolia* (Wild.) Borkh. Схема посадки 5×3.

Июль и начало августа в южных регионах России отмечены как месяцы с самой высокой температурой и минимальными осадками [14]. Листья для оценки жаростойкости и засухоустойчивости отбирали с 24 июля по 12 августа в 2019 г и с 20 июля по 13 августа в 2020 г. Для определения засухоустойчивости использовали стандартные лабораторно-полевые методы, которые основаны на сочетании полевых наблюдений за состоянием растений с изучением изменений в водном обмене во время вегетации, особенно во время засухи. Образцы листьев отбирали согласно методике, изложенной в «Программе и методике селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1999), «Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года» (2013), «Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве» (2012). Для оценки засухоустойчивости в 2-кратной повторности определяли: оводненность листьев, водный дефицит, водоудерживающую способность за 2, 4, 6 часов, потерю воды в среднем за 1 час и

жаростойкость [2, 14-17]. Оценку степени засухоустойчивости проводили по шкале, принятой на Павловской опытной станции ВИР (табл. 1) [17].

Таблица 1 – Шкала оценки параметров водного режима листьев для определения относительной засухоустойчивости (Павловская опытная станция ВИР)

Оценка засухоустойчивости	Оводненность листьев, %	Водный дефицит, %	Потеря воды листьями после увядания, %	Средняя потеря воды за 1 ч увядания, %
Низкая	59,9 и менее	20,1 и более	50,1 и более	11,1 и более
Средняя	60,0–69,9	10,1–20,0	30,1–50,0	10,1–11,0
Высокая	70,0 и более	до 10,0	до 30,0	до 10,0

Статистический анализ осуществляли по Б.А. Доспехову [18]. Для расчетов использовали программный пакет Microsoft Excel 2010, по полученным результатам рассчитывали среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение ($\pm SD$).

В теплый период 2019 г. (апрель – сентябрь) сумма положительных температур превышала норму на 50–200°C. Сумма эффективных температур была выше показателя нормы на 20–50°C, а активные температуры соответствовали норме. Средние температуры в самый жаркий период (с июня по август) соответствовали норме. На почве температуры поднимались до 60°C. Осадки на 55,2 мм превосходили среднюю годовую норму. В июне выпало осадков в 6 раз ниже нормы, а в июле в 2,5 раза выше нормы (рис. 1). Относительная влажность воздуха в июне составляла – 53,3 %, а в августе – 60 %. Июль – август 2019 г. характеризовались отсутствием сильных стрессовых факторов по влагообеспеченности [19].

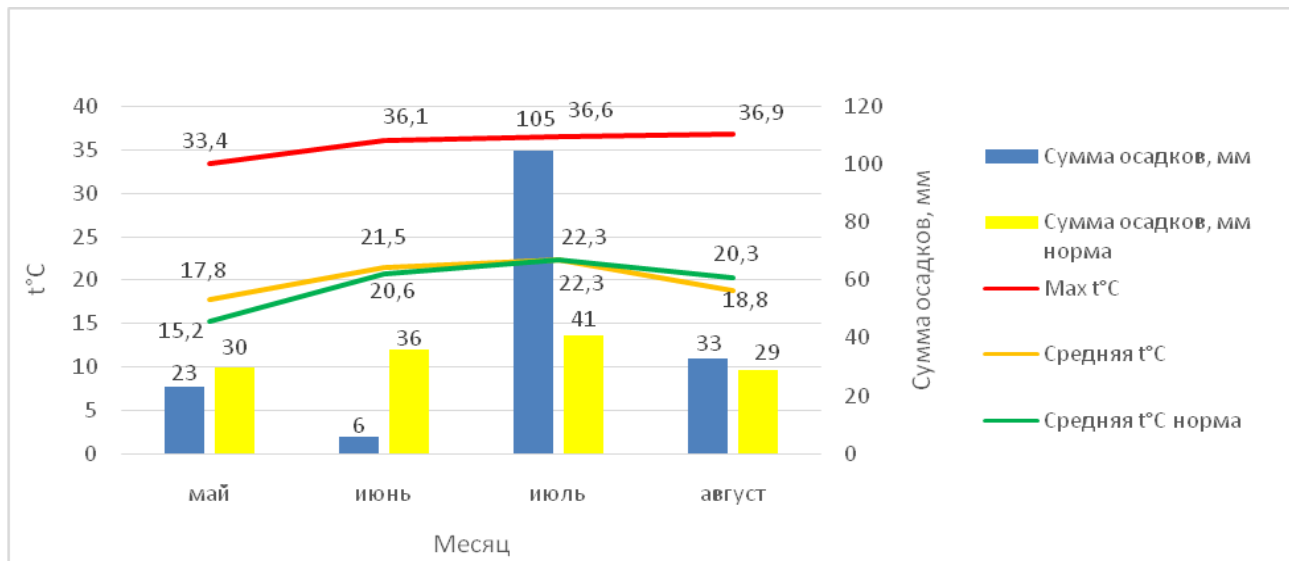


Рисунок 1 – Показатели температуры и осадков за вегетационный сезон 2019 г.

В 2020 г. сумма положительных температур, начиная с апреля, в третьей декаде июля превысила норму на 253°C, а в третьей декаде августа на 277,9°C. Средние температуры в самый жаркий период превышали норму на 3,5°C, а в августе соответствовали норме. На почве температуры поднимались до 64°C. Осадки в июле были в 5,7 раз ниже нормы, а в августе в 2,4 раза (рис. 2). Относительная влажность воздуха в июле составляла – 42 %, а в августе – 52 %. Июль 2020 г. можно охарактеризовать как аномально жаркий. Начиная с 3-го июля температурный фон превысил среднемноголетние значения. За этот период были зафиксированы многочисленные рекорды среднесуточной температуры превышая среднемноголетние значения на 8–10°C. Продолжительная и интенсивная жара с температурой +35° и выше продолжалась 12 дней. [18].

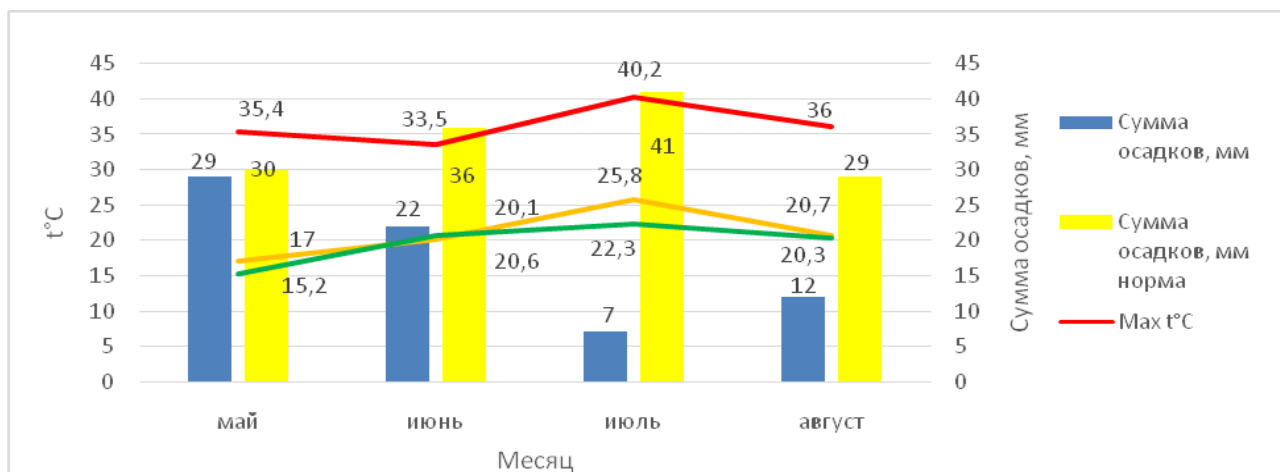


Рисунок 2 – Показатели температуры и осадков за вегетационный сезон 2020 г.

Результаты и обсуждение

Оценка засухоустойчивости плодовых растений по оводненности тканей

В 2019 г. установлено, что основная часть представителей рода *Malus* в условиях Заволжско-Уральского региона имели среднюю степень относительной засухоустойчивости. Яблони с низкой засухоустойчивостью – 29 образцов, со средней – 77 образцов, с высокой – 9 образцов. Высокую оценку засухоустойчивости получили виды и сорта, имеющие наибольший уровень оводненности тканей: Бабаарабская Аджи, клоновые подвои 19-7, 4-5, СА 12-1, 65-151, 18-7, 19-10, ОБ 3-4 (табл. 2). Общее содержание воды в листьях *Malus* варьировало от 51 ± 0 % (*M. zumi*) до $73,5 \pm 0,5$ % от сырой массы (ОБ 3-4) [20]. В целом такого запаса воды достаточно для нормальной жизнедеятельности плодовых деревьев.

Таблица 2 – Сорта и формы рода *Malus* с наибольшими показателями оводненности тканей за 2019 и 2020 гг. (M±SD)

Сорт, форма	Оводненность листьев, %	Сорт, форма	Оводненность листьев, %
2019 г.		2020 г.	
Бабаарабская Аджи	$70,5 \pm 10,5$	70-20-20	$63,81 \pm 0,3$
19-7	72 ± 2	4-5	$63,78 \pm 2,08$
4-5	$70,5 \pm 1,5$	19-7	$65,24 \pm 0,33$
СА 12-1	70 ± 2	сеянец Е-56	$63,55 \pm 0,84$
65-151	$70,5 \pm 0,5$	Волга 12	$67,39 \pm 0,12$
18-7	$70,5 \pm 1,5$	57-225	$63,34 \pm 3,34$
19-10	70 ± 1	19-3	$62,43 \pm 1,87$
ОБ 3-4	$73,5 \pm 0,5$	П 8-8	$65,41 \pm 0,55$

В 2020 г. установлено, что из-за стрессовых погодных условий оводненность тканей листьев рода *Malus* значительно ниже, чем в предыдущем году. Виды яблони с низкой засухоустойчивостью – 26 образцов, со средней – 2, с высокой – 0. Средней засухоустойчивостью обладают: *Malus sikkimensis* и *M. purpurea*. Оводненность тканей изменялась от $48,86 \pm 0,08$ % (*M. «Crab Cola»*) до $61,37 \pm 0,9$ % (*M. sikkimensis*). Клоновые подвои яблони с низкой засухоустойчивостью – 2 образца, со средней – 13, с высокой – 0. Наибольшей засухоустойчивостью характеризуются: 70-20-20, 4-5, 19-7, сеянец Е-56, Волга 12, 57-225, 19-3, П 8-8. Общее содержание воды в листьях рода *Malus* изменяется от $58,52 \pm 0,63$ % (62-223) до $67,39 \pm 0,12$ % от сырой массы (Волга 12) (табл. 2). В 2020 г. такие характеристики оводненности листьев ниже, чем в 2019 году и являются свидетельством влияния засушливых погодных условий.

Оценка засухоустойчивости плодовых растений по водному дефициту

В 2019 г. по водному дефициту многие растения показали высокую и среднюю относительную засухоустойчивость. Дефицит воды в листьях яблони варьировал от 23,1±0 % (ОБ 2-14) до 2 % (*M. turkmenorum* №1, клоновые ОБ 3-7, Волга 18) (табл. 3). Высокую оценку засухоустойчивости получили – 60 образцов, среднюю – 53, а низкую – 4 образца.

Аномальный по температурам и засухе 2020 г. вызвал у плодовых растений значительный дефицит воды в тканях листьев. Водный дефицит у видов рода *Malus* значительно колебался от 54±1,59 % (*M. ioensis*) до 10,86±2,3 % (*M. mandzschurica*). Высокой засухоустойчивости по водному дефициту в 2020 г. не отмечено ни у одного образца, средней засухоустойчивостью характеризовались – 8 (*M. denticulata*, *M. mandzschurica*, *M. zumi*, клоновые подвои 65-151, 70-20-20, Урал 7) (табл. 3), низкой – 55. Для сравнения – в 2019 г. высокая засухоустойчивость по водному дефициту была отмечена у 60 образцов.

Таблица 3 – Виды и сорта рода *Malus* с наименьшими показателями водного дефицита 2019 и 2020 гг. (M±SD)

Виды и сорта	Водный дефицит, %	Виды и сорта	Водный дефицит, %
2019 г.		2020 г.	
<i>M. turkmenorum</i>	2,45±0,15	<i>M. denticulata</i>	9,23±3,06
<i>M. zumi</i>	4,6±0,8	<i>M. mandzschurica</i>	13,18±2,33
ОБ 3-4	3,7±0	<i>M. zumi</i>	18,47±1
4-5	2,8±0	65-151	10,86±2,33
ОБ 3-7	2,8±0,7	70-20-20	16,19±1,42
СА 12-1	3±0	Урал 7	14,71±5,72
Урал 5	3,9±0,1		
Волга 18	2,2±0		

Оценка засухоустойчивости плодовых растений по водоудерживающей способности

В 2019 г. наименьшая скорость потери воды – 17 % (за 6 часов), – 2–3 % (за 1 час) отмечалась у листьев видов рода *Malus*: № 205, Урал 8, П 4-4, отбор К-2, *M. sylvestris*, *M. baccata*, ОБ 3-4, 65-151 (табл. 4). Высокой засухоустойчивостью по водоудерживающей способности характеризовались – 93 образца, средней – 24, а низкой – 0.

В 2020 г. наименьшая скорость потери воды – до 45 % от общей массы (за 6 часов), – до 9 % (за 1 час) отмечалась у листьев видов рода *Malus*: *M. platicarpa*, *M. turkmenorum* № 5, *M. turkmenorum* № 1, *M. denticulata*, *M. kaido*, *M. sikkimensis* № 2, *M. mandtschurica* (табл. 4). Для клоновых подвоев наименьшая скорость потери воды характерна для сортов: 54-118, 62-396. Высокая засухоустойчивость по средней потере воды за 1 час была у 41 образца, средняя – 10, а низкая – 12. В опыте с 6 часовым завяданием в 2020 г., в отличие от 2019 г., не выделены формы с низкой потерей воды (до 30 %) и соответственно нет форм с высокой засухоустойчивостью. Вероятно, это связано с экстремальными погодными условиями данного периода, в растениях после длительного воздействия стрессовых факторов снижается способность задерживать воду в листьях. Большая часть образцов (38) характеризуется средней засухоустойчивостью с потерей воды от 31,51±04 (*M. turkmenorum* № 5) до 50,00±0 (*M. kansuensis*), низкая засухоустойчивость отмечена у 25 образцов.

Оценка жаростойкости плодовых растений

Жаростойкость определяет способность растений противостоять длительной засухе, но в наших исследованиях многие из образцов показали высокую жаростойкость, но низкую устойчивость к длительной засухе. В 2019 г. очень высокая оценка жароустойчивости у видов рода *Malus* была у 37 образцов, высокая – 54 образца, средняя – 21 и низкая – 2. Перспективные формы с очень высокой жаростойкостью: клоновые подвои – Волга 3, Урал 5, Урал 6, Урал 8, 65-151, 57-233, 54-118, 57-225, 62-509, 19-3, СПС-7, СК-2, 62-396, Арм 18,

с-ц 57-490, 70-20-20, отбор К-2, 76-23-2, 71-7-22, ОБ 2-1, ОБ 2-3, ОБ 2-15, ОБ 3-4, ОБ 4-3, 5-18-1, Дон 70-456, П 4-4, П8-8.

Таблица 4 – Виды и сорта рода *Malus* с высокой водоудерживающей способностью за 2019 и лучшие среди средних в 2020 гг. (M±SD)

Виды и сорта	Потеря воды листьями после увядания (за 6 ч), %	Средняя потеря воды за 1 ч увядания, %	Виды и сорта	Потеря воды листьями после увядания (за 6 ч), %	Средняя потеря воды за 1 ч увядания, %
2019 г.			2020 г.		
№205	17,75±1,85	2,96±0,31	<i>M. platicarpa</i>	41,51±2,78	8,60±0,2
Урал 8	25,25±1,25	4,21±0,21	<i>M. turkmenorum</i> №5	31,91±0,4	5,67±0,21
П 4-4	25,35±0,35	4,23±0,05	<i>M. turkmenorum</i> №1	42,00±0,74	7,17±0,52
К-2	17,2±0,8	2,87±0,13	<i>M. denticulata</i>	38,30±1,1	7,80±0,35
<i>M. sylvestris</i>	17,25±0,35	2,88±0,05	<i>M. kaido</i>	45,16±1,75	9,50±0,47
<i>M. baccata</i>	17,4±1,5	2,9±0,25	<i>M. sikkimensis</i> №2	36,36±2,9	7,58±0,51
ОБ 3-4	13,5±0,8	2,25±0,13	<i>M. mandtschurica</i>	41,67±0,9	8,22±0,01
65-151	17,9±0,4	2,99±0,06	54-118	41,18±0	8,54±0,37

В 2020 г. очень высокая оценка жароустойчивости у видов рода *Malus* была у – 33 образцов, высокая – 30, средняя – 1 и низкая – 0. Перспективные виды с очень высокой жаростойкостью: *M. turkmenorum*, *M. purpurea*, *M. denticulata*, *M. mandtschurica*, *M. zumi*, *M. spectabilis*, *M. kaido*, *M. sikkimensis*, *M. Niedzwetzkyana*, *M. sikkimensis*, *M. kansuensis*, *M. ioensis*. Среди клоновых подвоев выделяются формы: 70-20-20, К-2, Урал 6, Урал 7, 4-5, 19-7, сеянец Е-56, 57-233, ОБ 3-13, ОБ 2-15, Волга 12, 57-545, Волга 18, ОБ 2-14, 57-225, СПС-7, 19-10.

Выводы

Большинство изученных в 2019 г. видов, сортов и форм рода *Malus* получили высокую оценку относительной засухоустойчивости и жаростойкости. За вегетационный период этого года осадков выпало выше нормы, и отсутствовали стрессовые температуры. Среди самых устойчивых форм *Malus* сочетающих высокую оценку засухоустойчивости и жаростойкости в 2019 году: *M. fuska*, *M. zumi*, *M. kaido.*, *M. baccata* (Дубки), и клоновые подвои 19-3, 4-5, 19-10, Волга 3, 19-7, Волга 18, 18-4, СА 12-1, СА 14-1, Урал 1, Урал 5, Урал 8, Арм 18, П 4-4, П 8-8, ОБ 2-15, ОБ 3-4, ОБ 4-3, К-2, К-1, СПС 7А, , 62-396, 62-509, 76-23-2, 71-7-22, 5-18-1, 65-151, 54-118, 62-223, 57-225.

Вегетационный период 2020 г. был аномально жарким и сухим. Температура превышала среднемноголетние показатели, а осадки были значительно ниже нормы. Многие из лидирующих видов и форм рода *Malus* в 2019 г. по содержанию воды в тканях в 2020 г. имели более низкие показатели засухоустойчивости. Виды рода *Malus* чувствительны к климатическим стрессовым воздействиям, это отразилось на исследуемых параметрах: оводненность тканей была ниже, водный дефицит выше, потеря воды интенсивнее. Плодовые растения после длительного воздействия засухи и высокой температуры были ослаблены, это проявлялось не только на опытных данных, но и на бонитете деревьев – наблюдалось осыпание плодов, листьев, пожелтение листьев и снижение ростовых процессов. Среди самых устойчивых видов, сортов и форм рода *Malus* 2020 г., сочетающих высокую оценку засухоустойчивости и жаростойкости отмечены представители рода *Malus* – *M. denticulata*, *M. mandtschurica*, *M. sikkimensis*, *M. turkmenorum* №4, *M. turkmenorum* № 5, *M. purpurea*, *M. zumi*, 70-20-20, Урал 7, Волга 12.

Выделенные адаптированные формы – ценный материал для озеленения, питомниководства, селекции и для дальнейших научных исследований. Они являются ценным объектом в формировании генбанка устойчивых форм рода *Malus* Заволжско-Уральского региона. В целом можно отметить, что, несмотря на стрессовые условия местного климата, можно подобрать ландшафты с оптимальными условиями для произрастания видов рода *Malus* и адаптированный сортимент для выращивания устойчивых, продуктивных, экономически рентабельных плодовых насаждений.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках бюджетной темы Института степи УрО ИС УрО РАН АААА-А21-121011190016-1.

Список литературы

1. Тыщенко Е.Л., Ненько Н.И., Киселева Г.К. Перспективные сорта Гибискуса сирийского для создания устойчивых агроценозов в ландшафтном строительстве на юге России // Научные труды Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. Т. 5. С. 80-85.
2. Ненько Н.И., Киселева Г.К., Ульяновская Е.В., Яблонская Е.К., Караваева А.В. Физиолого-биохимические критерии устойчивости яблони к абиотическим стрессам летнего периода // Сельскохозяйственная биология. 2019. № 54(1). С. 158-168.
3. Ульяновская Е.В., Супрун И.И., Токмаков С.В., Ушакова Я.В. Комплексный подход к отбору ценных генотипов яблони, устойчивых к стрессовым факторам среды // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014. № 25(1). С. 11-26.
4. Tworkoski T., Fazio G., Glenn D.M. Apple rootstock resistance to drought // *Scientia Horticulturae*. 2016. vol. 204. pp. 70-78. DOI: 10.1016/j.scienta.2016.01.047.
5. Alizadeh A., Alizade V., Nassery L., Eivazi A. Effect of drought stress on apple dwarf rootstocks // *Technical Journal of Engineering and Applied Science*. 2011. vol. 1. no. 3. pp. 86-94.
6. Wahid A., Gelani S., Ashraf M., Foolad M. Heat tolerance in plants: An overview *Environ // Exp. Bot.* 2007. vol. 61. no. 3. pp. 199-223. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2007.05.011.
7. Жученко А.А. Настоящее и будущее адаптивной системы селекции и семеноводства растений на основе идентификации и систематизации их генетических ресурсов // Сельскохозяйственная биология. 2012. № 5. С 3-19.
8. Belous O.G., Klemeshova K.V., Pashchenko O.I. Comparative analysis of photosynthetic indicators in freesia hybrids on the Black sea coast of Krasnodar region // *Horticultural Science*. 2017. vol. 44. no. 2. pp. 99-104. DOI: 10.17221/189/2015-HORTSCI.
9. Henfrey J.L., Vaab G., Schmitz M. Physiological stress responses in apple under replant conditions // *Scientia Horticulturae*. 2015. no. 194. pp. 111-117. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.07.034.
10. Маляровская В.И., Белоус О.Г. Изучение физиологических показателей вейгелы (*Weigela × wagneri* L.H. Bailey), характеризующих ее устойчивость к стресс-факторам влажных субтропиков России // Садоводство и виноградарство. 2016. № 5. С. 46-51. DOI: 10.18454/vstisp.2016.5.3449.
11. Ожерельева З.Е., Красова Н.Г., Галашева А.М. Засухоустойчивость сортов яблони на карликовых подвоях // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 4. С 38-40.
12. Максимов Н.А. Подавление ростовых процессов как основная причина снижения урожая при засухе // Успехи современной биологии. 1978. № 1(4). С. 124-136.

13. Бодрикова В.Н. Агроклиматический справочник по Оренбургской области: справочник. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1971. 122 с.
14. Седов Е.Н., Огольцовой Т.П. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
15. Егоров Е.А. Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2013. 202 с.
16. Еремина Г.В. Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012. 569 с.
17. Дофнг Хоанг Жанг, Тохтарь В.К. Исследование засухоустойчивости перспективных для интродукции видов *Momordica charantia* L. и *M. balsamina* L. (Cucurbitaceae) // Научные ведомости. 2011. № 9(104) 15. С 43-47.
18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
19. Метеоданные федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, управление (Центр) по гидрометеорологии и по мониторингу окружающей среды, Приволжское УГМС. 2019, 2020 гг.
20. Березина Т.В., Савин Е.З. Засухоустойчивость плодовых культур *Malus* Mill. и *Pyrus* L. в степной зоне Заволжско-Уральского региона // Вопросы степеведения. 2020. № 1(XVI). С. 61-69. DOI: 10.24411/9999-006А-2020-10007.

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 14.07.2021

Принята к публикации 21.09.2021

PROMISING DROUGHT-RESISTANT AND HEAT-RESISTANT SPECIES AND VARIETIES OF THE GENUS MALUS MILL. FOR CREATION OF SUSTAINABLE AGROCENOSSES IN THE TRANS-VOLGA-URAL REGION STEPPE

T. Berezina, E. Savin

Institute of steppe, OFRC, Ural branch of the Russian academy of sciences, Russia, Orenburg
e-mail: gaevskayatatyana@mail.ru

The stability and productivity of horticultural agrocenoses depend on the adaptation of fruit plants to climatic and landscape-ecological conditions. To form profitable fruit plantings in the Trans-Volga-Ural region, it is necessary to select varieties with high potential resistance to drought. The purpose of our study is to study the drought- and heat resistance of species and varieties of the genus *Malus* Mill growing in the study area. To estimate drought-resistance, we identified: the water content of leaves, water deficit, the water-retaining ability for 2–6 hours, the water loss on average for 1 hour, and heat-resistance. 180 samples of the genus *Malus* kinds, sorts, and varieties were the study objects for two years.

Stress climatic factors were not noticed in 2019; therefore, most of the studied samples received a high assessment of relative drought-resistance. *M. fusca*, *M. zumi*, *M. kaido.*, *M. baccata* (Dubki), and clonal rootstocks Ural 1, Ural 5, Ural 8, Arm 18, OB 3-4, OB 4-3, 54-118 and others were among the most drought-resistant species and varieties of the genus *Malus* in 2019. The vegetation period of 2020 was abnormally hot and dry. According to the water content in tissues, many of the leading sorts and forms of 2019 showed lower results in 2020. *M. denticulata*, *M. mandzschurica*, *M. sikkimensis*, *M. turkmenorum* №4, *M. turkmenorum* №5, *M. purpurea*, *M. zumi*,

70-20-20, Ural 7, Volga 12. were noticed among the most resistant representatives of the *Malus* family in 2020.

Key words: drought resistance, heat resistance, apple tree, leaves water content; water shortage; water holding capacity.

References

1. Tyshchenko E.L., Nen'ko N.I., Kiseleva G.K. Perspektivnye sorta Gibiskusa siriiskogo dlya sozdaniya ustoichivyykh agrotsenozov v landshaftnom stroitel'stve na yuge Rossii. Nauchnye trudy Gosudarstvennogo nauchnogo uchrezhdeniya Severo-Kavkazskogo zonal'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sadovodstva i vinogradarstva Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk. 2014. T. 5. S. 80-85.
2. Nen'ko N.I., Kiseleva G.K., Ul'yanovskaya E.V., Yablonskaya E.K., Karavaeva A.V. Fiziologo-biokhimicheskie kriterii ustoichivosti yabloni k abioticheskim stressam letnego perioda. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2019. N 54(1). S. 158-168.
3. Ul'yanovskaya E.V., Suprun I.I., Tokmakov S.V., Ushakova Ya.V. Kompleksnyi podkhod k otboru tsennykh genotipov yabloni, ustoichivyykh k stressovym faktoram sredy. Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2014. N 25(1). S. 11-26.
4. Tworkoski T., Fazio G., Glenn D.M. Apple rootstock resistance to drought. Scientia Horticulturae. 2016. vol. 204. pp. 70-78. DOI: 10.1016/j.scienta.2016.01.047.
5. Alizadeh A., Alizade V., Nassery L., Eivazi A. Effect of drought stress on apple dwarf rootstocks. Technical Journal of Engineering and Applied Science. 2011. vol. 1. no. 3. pp. 86-94.
6. Wahid A., Gelani S., Ashraf M., Foolad M. Heat tolerance in plants: An overview Environ. Exp. Bot. 2007. vol. 61. no. 3. pp. 199-223. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2007.05.011.
7. Zhuchenko A.A. Nastoyashchee i budushchee adaptivnoi sistemy selektsii i semenovodstva rastenii na osnove identifikatsii i sistematizatsii ikh geneticheskikh resursov. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2012. N 5. S 3-19.
8. Belous O.G., Klemeshova K.V., Pashchenko O.I. Comparative analysis of photosynthetic indicators in freesia hybrids on the Black sea coast of Krasnodar region. Horticultural Science. 2017. vol. 44. no. 2. pp. 99-104. DOI: 10.17221/189/2015-HORTSCI.
9. Henfrey J.L., Baab G., Schmitz M. Physiological stress responses in apple under replant conditions. Scientia Horticulturae. 2015. no. 194. pp. 111-117. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.07.034.
10. Malyarovskaya V.I., Belous O.G. Izuchenie fiziologicheskikh pokazatelei veigely (*Weigela* × *wagneri* L.H. Bailey), kharakterizuyushchikh ee ustoichivost' k stress-faktoram vlazhnykh subtropikov Rossii. Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2016. N 5. S. 46-51. DOI: 10.18454/vstisp.2016.5.3449.
11. Ozherel'eva Z.E., Krasova N.G., Galasheva A.M. Zasukhoustoichivost' sortov yabloni na karlikovykh podvoyakh. Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2016. N 4. S 38-40.
12. Maksimov N.A. Podavlenie rostovykh protsessov kak osnovnaya prichina snizheniya urozhaev pri zasukhe. Uspekhi sovremennoi biologii. 1978. N 1(4). S. 124-136.
13. Bodrikova V.N. Agroklimaticheskii spravochnik po Orenburgskoi oblasti: spravochnik. L.: Gidrometeorologicheskoe izdatel'stvo, 1971. 122 s.
14. Sedov E.N., Ogol'tsovoi T.P. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur. Orel: VNIISPK, 1999. 608 s.
15. Egorov E.A. Programma Severo-Kavkazskogo tsentra po selektsii plodovykh, yagodnykh, tsvetochno-dekorativnykh kul'tur i vinograda na period do 2030 goda. Krasnodar: GNU SKZNIISiV, 2013. 202 s.
16. Eremina G.V. Sovremennye metodologicheskie aspekty organizatsii selektsionnogo protsessa v sadovodstve i vinogradarstve. Krasnodar: SKZNIISiV, 2012. 569 s.

17. Dofng Khoang Zhang, Tokhtar' V.K. Issledovanie zasukhoustoichivosti perspektivnykh dlya introduktsii vidov *Momordica charantia* L. i *M. balsamina* L. (Cucurbitaceae). Nauchnye vedomosti. 2011. N 9(104) 15. S 43-47.
18. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). Moskva: Agropromizdat, 1985. 351 s.
19. Meteodannye federal'noi sluzhby Rossii po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy, upravlenie (Tsentr) po gidrometeorologii i po monitoringu okruzhayushchei sredy, Privolzhskoe UGMS. 2019, 2020 gg.
20. Berezina T.V., Savin E.Z. Zasukhoustoichivost' plodovykh kul'tur *Malus Mill.* i *Pyrus L.* v stepnoi zone Zavolzhsko-Ural'skogo regiona. Voprosy stepovedeniya. 2020. N 1(XVI). S. 61-69. DOI: 10.24411/9999-006A-2020-10007.

Сведения об авторах

Татьяна Владимировна Березина

К.б.н., н.с. отдела ландшафтной экологии, Институт степи ОФИЦ УрО РАН

ORCID 0000-0002-3528-0263

Tatjana Berezina

Candidate of biological sciences, researcher, department of landscape ecology, Institute of steppe, OFRC, Ural branch of the Russian academy of sciences

Евгений Захарович Савин

Д.с.-х.н., в.н.с. отдела ландшафтной экологии, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-2974-5175

Evgenij Savin

Doctor of agricultural sciences, leading researcher, department of landscape ecology, Institute of steppe, OFRC, Ural branch of the Russian academy of sciences

Для цитирования: Березина Т.В. Савин Е.З. Перспективные засухоустойчивые и жаростойкие виды сорта рода *Malus Mill.* для создания устойчивых агроценозов в степной зоне Заволжско-Уральского региона // Вопросы степеведения. 2021. № 3. С. 27-36. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-3-27-36