

УДК 581:576.5:634.224

DOI 10.30679/2219-5335-2023-2-80-156-169

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗОФОРМ
ПЕРОКСИДАЗ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ
СОРТОВ ВИНОГРАДА, УСТОЙЧИВЫХ
К ЖАРЕ И ЗАСУХЕ**

Киселева Галина Константиновна
канд. биол. наук
старший научный сотрудник
лаборатории физиологии
и биохимии растений
e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7583-1261>

Ильина Ирина Анатольевна
д-р техн. наук, профессор
заместитель директора по науке
e-mail: kubansad@kubannet.ru

Соколова Виктория Викторовна
канд. с.-х. наук
заведующая научно-образовательным
сектором
e-mail: KudryshovaVV@yandex.ru

Запорожец Наталья Михайловна
канд. с.-х. наук
учёный секретарь
e-mail: nat_zaporozhec@mail.ru

Луцкий Евгений Олегович
аспирант
младший научный
сотрудник лаборатории физиологии
и биохимии растений
e-mail: peacemasterracer@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0521-0827>

Вялков Вадим Валерьевич
аспирант, младший научный
сотрудник лаборатории физиологии
и биохимии растений
e-mail: 935346@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1152-5091>

*Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»,
Краснодар, Россия*

UDC 581:576.5:634.224

DOI 10.30679/2219-5335-2023-2-80-156-169

**THE USE OF PEROXIDASE
ISOFORMS TO IDENTIFY
GRAPE VARIETIES RESISTANT
TO HEAT AND DROUGHT**

Kiseleva Galina Konstantinovna
Cand. Biol. Sci.
Senior Research Associate
of Plant Physiology
and Biochemistry Laboratory
e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7583-1261>

Irina Irina Anatolyevna
Dr. Tech. Sci., Professor
Deputy Chief for Science
e-mail: kubansad@kubannet.ru

Sokolova Viktoria Viktorovna
Cand. Agr. Sci.
Head of Scientific Educational
Sector
e-mail: KudryshovaVV@yandex.ru

Zaporozhets Natalia Mikhailovna
Cand. Agr. Sci.
Scientific Secretary
e-mail: nat_zaporozhec@mail.ru

Lutsky Evgeny Olegovich
Postgraduate
Junior Research Associate
of Plant Physiology
and Biochemistry Laboratory
e-mail: peacemasterracer@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0521-0827>

Vyalkov Vadim Valerievich
Postgraduate, Junior Research Associate
of Plant Physiology
and Biochemistry Laboratory
e-mail: 935346@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1152-5091>

*Federal State Budget
Scientific Institution
«North Caucasian Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making»,
Krasnodar, Russia*

Поиск надежных методов оценки устойчивости сортов винограда к жаре и засухе актуален в связи с усиливающейся нестабильностью климата в Анапо-Таманской зоне виноградарства. Цель работы – провести электрофоретическое разделение пероксидаз в полиакриламидном геле в листьях различных сортов винограда, выделить сорта с повышенной устойчивостью к жаре и засухе. Объекты исследований – сорта винограда различного эколого-географического происхождения: Кристалл (контроль) – евро-амуро-американского происхождения; Достойный, Красностоп АЗОС – евро-американского происхождения; Восторг – амуро-американского происхождения; Зариф – восточного происхождения; Алиготе – западно-европейского происхождения. Установлено, что качественный и количественный состав изоформ пероксидаз изменялся в течение лета и имел сортовую особенность. В июне у каждого конкретного сорта выделено 4-6 изоформ, в августе 2-4 изоформы. Сорт Кристалл выделился особо повышенной устойчивостью к жаре и засухе на протяжении лета как в полевых условиях, так и при воздействии искусственных высокотемпературного и водного стрессов. Это достигалось за счет множественного изоформного состава пероксидаз, постоянством их состава в ответ на стресс. Сорта Достойный, Восторг выделены как высокоустойчивые к жаре на протяжении лета. Жаростойкость сортов Красностоп АЗОС, Алиготе, Зариф менялась в течение летнего периода. По отношению к засухе сорта Кристалл, Достойный, Восторг проявили высокую устойчивость в начале и середине лета. При появлении и исчезновении изоформ пероксидазы засухоустойчивость сортов Достойный, Восторг, Красностоп АЗОС менялась на протяжении лета. Сорта Алиготе и Зариф в течение летнего периода выделились как незасухоустойчивые. Полученные данные могут использоваться как диагностические критерии оценки степени жаро- и засухоустойчивости сортов винограда в различные месяцы летнего периода в условиях Анапо-Таманской зоны Краснодарского края для селекционных целей.

The search for reliable methods for assessing the resistance of grape varieties to heat and drought is relevant in connection with the increasing climate instability in the Anapo-Taman viticulture zone. The purpose of the work is to conduct electrophoretic separation of peroxidases in polyacrylamide gel in the leaves of various grape varieties, to identify varieties with increased resistance to heat and drought. The objects of research are grape varieties of various ecological and geographical origin: Kristall (control) – Euro-Amur-American origin; Dostoynyi, Krasnostop AZOS – Euro-American origin; Vostorg – Amur-American origin; Zarif – Eastern origin; Aligote – Western European origin. It was established that the qualitative and quantitative composition of peroxidase isoforms changed during the summer and had a varietal feature. In June, 4-6 isoforms were isolated for each particular variety, in August – 2-4 isoforms. The Kristall variety stood out for its especially high resistance to heat and drought during the summer, both in the field and under the influence of artificial high-temperature and water stresses. This was achieved due to the multiple isoform composition of peroxidases and the constancy of their composition in response to stress. Varieties Dostoynyi, Vostorg, are highlighted as highly resistant to heat throughout the summer. The heat resistance of varieties Krasnostop, Aligote, Zarif changed during the summer period. In relation to drought, the varieties Kristall, Dostoynyi, Vostorg showed high resistance in early and mid-summer. According to the appearance and disappearance of peroxidase isoforms, the drought resistance of varieties Dostoynyi, Vostorg, Krasnostop AZOS changed during the summer. Aligote and Zarif varieties during the summer period stood out as not drought-resistant. The obtained data can be used as diagnostic criteria for assessing the degree of heat and drought resistance of grape varieties in different months of the summer period in the conditions of the Anapo-Taman zone of the Krasnodar region for breeding purposes.

Ключевые слова: ВИНОГРАД,
ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОЕ
РАЗДЕЛЕНИЕ ПЕРОКСИДАЗ,
УСТОЙЧИВОСТЬ, ЖАРА, ЗАСУХА

Key words: GRAPES,
ELECTROPHORETIC SEPARATION
OF PEROXIDASES,
STABILITY, HEAT, DROUGHT

Введение. В результате негативного влияния нестабильных климатических условий на ампелоценозы и интенсификации селекционного процесса, поиск ускоренных и надежных методов оценки устойчивости сортов винограда к жаре и засухе приобретает особую актуальность [1].

Наиболее перспективным в этом плане представляется использование электрофоретического разделения пероксидаз в полиакриламидном геле. На сегодня получено немало фактов об изменчивости пероксидазных спектров у растений различной таксономической принадлежности при действии различных факторов – изменении температуры, влажности, освещенности, радиации, засолении, недостатке микроэлементов, поражении патогенами, старении семян [2-12].

Изменение изоферментного состава пероксидазы является приспособительным механизмом к различным стрессовым воздействиям. В условиях стресса формируется уникальный стрессовый набор изопероксидаз, а некоторые изоформы в ответ на стресс синтезируются *de novo* и могут являться маркерами устойчивости. Все большее внимание исследователей привлекают изменения в пероксидазных спектрах, сопутствующие температурным флуктуациям.

Так, при воздействии высокотемпературного стресса и (или) засухи обнаружено появление новых изоформ пероксидазы у мятлика кентуккийского [6], люпина [9], пшеницы [12]. У винограда электрофоретическое разделение пероксидаз, а также белков использовали для выявления сортов, устойчивых к пониженным температурам [2], вирусам [11], засухе [13], а также для идентификации сортов [14, 15], прогнозирования несовместимости подвоя [16].

Недостатком маркеров изоферментного анализа по сравнению с ДНК-маркерами является то, что они специфичны для органов, тканей,

стадий развития и часто претерпевают посттранскрипционные модификации, ограничивающие их использование [14].

Тем не менее, имеются положительные результаты применения электрофоретического разделения пероксидаз, а также белков для выявления засухоустойчивых и (или) жаростойких сортов на различных культурах: рапсе [3], томатах [4], рисе [7], сахарном тростнике [8], пшенице [9].

Все эти данные дают возможность использования изоформ пероксидазы для диагностики устойчивости винограда к жаре и засухе.

Цель настоящей работы – провести электрофоретическое разделение пероксидаз сортов винограда различного эколого-географического происхождения в условиях летнего периода и выделить сорта с повышенной устойчивостью к жаре и засухе в условиях Анапо-Таманской зоны Краснодарского края.

Объекты и методы исследований. Данные исследования проведены в летний период 2021-2022 гг. на базе ампелографической коллекции «Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия» (СКФНЦСВВ), расположенной в г. Анапа. Использовалось приборное обеспечение Центра коллективного пользования технологичным оборудованием по направлениям: геномные и постгеномные технологии, физиолого-биохимические и микробиологические исследования; почвенные, агрохимические и экотоксикологические исследования; пищевая безопасность.

Объекты исследований: межвидовые гибриды винограда различного эколого-географического происхождения: Кристалл (контроль) – евро-амуро-американского происхождения; Достойный, Красностоп АЗОС – евро-американского происхождения; Восторг – амуро-американского происхождения; Зариф – восточного происхождения; Алиготе – западно-европейского происхождения. Растения 1995 года посадки, подвой Кобер 5ББ. Формировка

– двусторонний высокоштамбовый спиральный кордон АЗОС. Схема посадки 3 × 2,5 м, почва – чернозем южно-карбонатный.

Для получения белкового экстракта листья измельчали в жидком азоте. Количество белка в пробах определяли согласно методике [17]. Экстракты листьев, содержащие 10 мкг белка, разделяли нативным электрофорезом в 12-процентном полиакриламидном геле на вертикально расположенных пластинах с последующим окрашиванием бензидином и добавлением пероксида водорода [18]. В качестве белкового маркера использовали Spectra Multicolor Broad Range Protein Ladder, Thermo Scientific (USA).

Устойчивость сортов винограда к жаре устанавливали в модельном опыте по искусственно вызванному высокотемпературному стрессу (выдерживание листьев в термостате в емкости с водой при +45 °С в течение 2 часов). Устойчивость сортов винограда к засухе устанавливали в модельном опыте по искусственно вызванному завяданию (выдерживание листьев при комнатной температуре в течение 2 часов). Контроль – изолированные листья растений в емкости с водой при комнатной температуре.

Исследования проводили в 3-кратной повторности, каждая повторность состояла из 10 физиологически «зрелых» листьев. Расчеты выполняли с использованием программного пакета Microsoft Excel 2010 согласно методике [19].

Обсуждение результатов. В июле и августе летнего вегетационного периода 2021 года среднемесячные температуры воздуха составляли 26,1 и 25,4 °С соответственно. Максимальные температуры воздуха в этот период достигали 35 °С. На фоне высоких температур июль к тому же характеризовался небольшим количеством выпавших осадков – 33 мм за месяц в сравнении с августом, в котором выпало 346 мм осадков.

В июне-июле летнего вегетационного периода 2022 года среднемесячные температуры воздуха составляли 23,0 и 24,2 °С соответственно. Максимальная температура воздуха в этот период достигала 33 °С. Август был самым жарким – среднемесячная температура воздуха составляла 27 °С, максимальная 34 °С. На фоне высоких температур июль и август характеризовались небольшим количеством выпавших осадков – 9 мм за месяц в сравнении с июнем, в котором выпал 41 мм осадков (рис. 1).

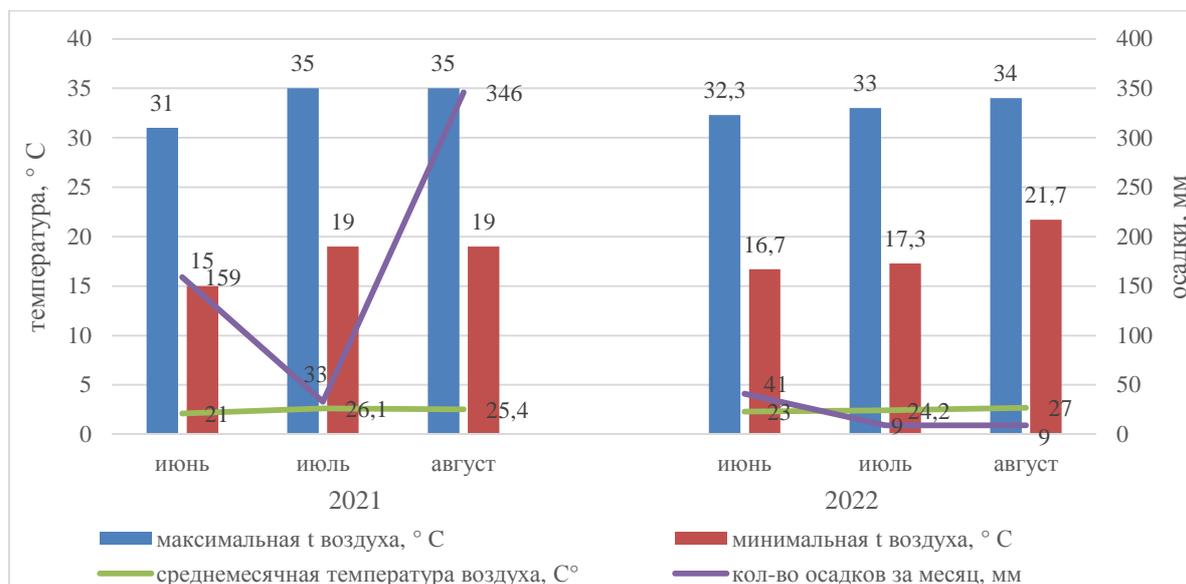


Рис. 1. Метеорологические условия на участке произрастания винограда (ампелографическая коллекция АЗОСВиВ, г. Анапа).

Проведенное электрофоретическое разделение пероксидаз в полиакриламидном геле показало, что качественный и количественный состав изоформ пероксидаз изменялся в течение лета. В июне они представлены изоформами с массами: 130, 90, 85, 80, 70, 60, 40, 39 кДа. В июле по мере повышения температур воздуха исчезали изоформы с массами 90, 85, 80 кДа и оставались изоформы с массами: 130, 70, 60, 40, 39 кДа. В августе изоформный состав имел еще меньший диапазон и представлен изоформами с массами: 130, 70, 60, 40 кДа – в сравнении с июлем исчезла изоформа с массой 39 кДа (рис. 2-4).

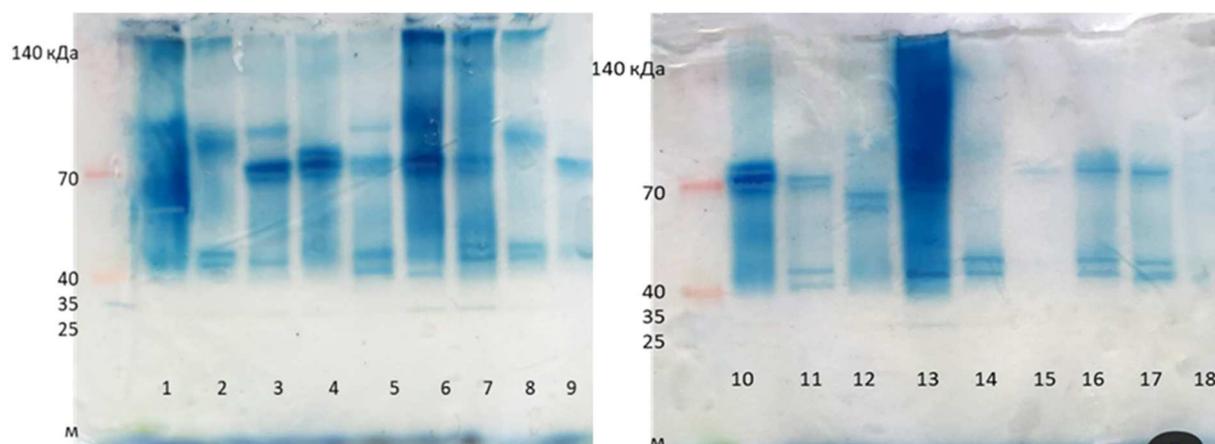


Рис. 2. Электрофоретические энзимогаммы изоформ пероксидаз в июне:
1-6 – контроль: 1 – Кристалл, 2 – Достойный, 3 – Красностоп АЗОС, 4 – Восторг,
5 – Алиготе, 6 – Зариф, М – белковый маркер; 7-12 – высокотемпературный стресс:
7 – Кристалл, 8 – Достойный, 9 – Красностоп АЗОС, 10 – Восторг, 11 – Алиготе,
12 – Зариф; 13-18 – завядание: 13 – Кристалл, 14 – Достойный, 15 – Красностоп АЗОС,
16 – Восторг, 17 – Алиготе, 18 – Зариф

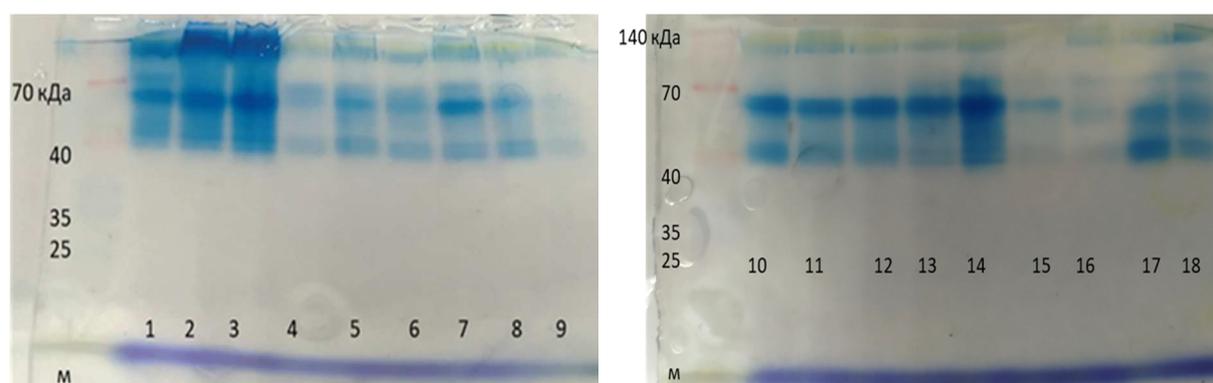


Рис. 3. Электрофоретические энзимогаммы изоформ пероксидаз в июле
(обозначения те же, что на рис. 2).

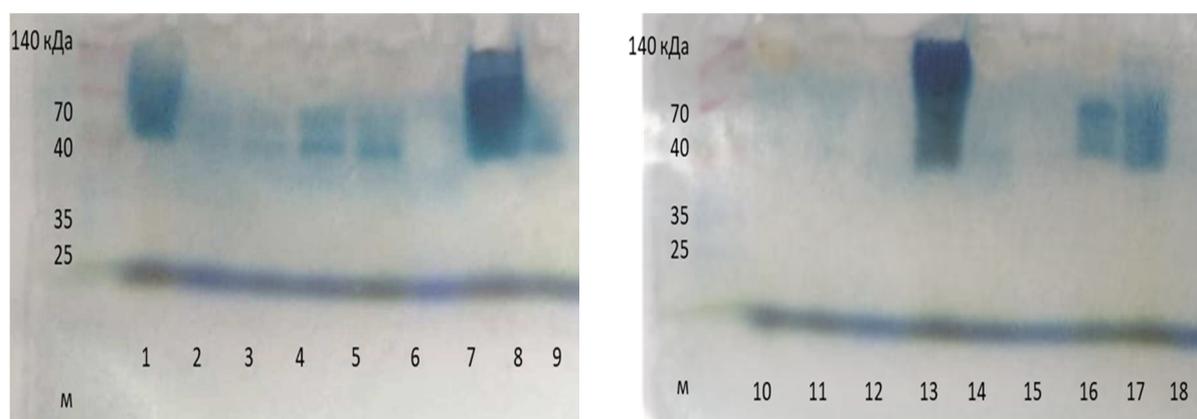


Рис. 4. Электрофоретические энзимогаммы изоформ пероксидаз в августе
(обозначения те же, что на рис. 2)

Установлено, что изоформный состав пероксидаз имеет сортовую особенность. Так, в июне у сорта Красностоп АЗОС отсутствовала изоформа с массой 130 и 40 кДа, у Восторг – изоформа с массой 40 кДа, при этом изоформу с массой 90 кДа заменяла изоформа с массой 85 кДа. У сорта Достойный изоформы с массой 60 и 70 кДа заменяла изоформа с массой 80 кДа. У Зариф отсутствовала изоформа с массой 40 кДа. Следует отметить общую особенность сортов Красностоп АЗОС, Восторг, Зариф – в июне у них отсутствовала изоформа с массой 40 кДа, она появлялась позже, в июле. В июле у Восторг отсутствовала изоформа с массой 70 кДа. У остальных сортов – одинаковый состав, представленный изоформами с массами 130, 70, 60, 40, 39 кДа. Как было сказано выше, в июле исчезали изоформы с массами 90, 85, 80 кДа у всех сортов. Сортная особенность изоформного состава пероксидаз в августе: у Красностоп АЗОС исчезали изоформы с массами 60 и 40 кДа. У Зариф исчезали изоформы с массами 70 и 60 кДа.

Выявлено, что в течение лета изменялся не только качественный, но и количественный состав изоформ пероксидаз. Так, в если в июне количество изоформ у каждого конкретного сорта составляло 4-6 изоформ, то в августе оно составляло 2-4 изоформы. По изменению количественного и качественного состава изоформ пероксидаз в течение лета можно судить о степени устойчивости сортов к жаре и засухе в различные месяцы летнего вегетационного периода.

При изучении защитного ответа растений на стрессовые условия необходимым условием является сравнение изменчивости пероксидазных спектров в обычных для растений условиях (контроль) и в условиях искусственного стресса. В наших исследованиях были поставлены модельные опыты по искусственно вызванному высокотемпературному и водному (завядание) стрессам. Установлено, что в июне после воздействия высокотемпературного стресса у сорта Кристалл не изменялся изоформный состав, что

свидетельствовало о его повышенной устойчивости по отношению к экстремально высоким температурам. У Достойный исчезала изоформа с массой 90 кДа. У Красностоп АЗОС исчезали изоформы с массами 90 и 60 кДа, но появлялась изоформа с массой 40 кДа, по – видимому, связанная с устойчивостью к повышенным температурам. У Восторг исчезала изоформа с массой 130 кДа. У Алиготе исчезали изоформы с массами 130 и 90 кДа. У сорта Зариф исчезали изоформы с массами 130, 70 и 39 кДа, но появлялась новая изоформа с массой 65 кДа.

Таким образом, в июне у сортов еще не сформировалась устойчивость к экстремально повышенным температурам, которая появилась в июле. Итак, по изменению изоформного состава по степени устойчивости к жаре в июне сорт Кристалл выделился как высокоустойчивый, за ним в снижающейся степени устойчивости следовали Достойный и Красностоп АЗОС, Восторг. Сорта Зариф, Алиготе выделены как менее устойчивые.

В июле после воздействия искусственного высокотемпературного стресса у всех изучаемых сортов не изменялся состав изоформ. Это свидетельствовало о полностью сформированной устойчивости к экстремально повышенным температурам в этот период, обусловленной длительным процессом адаптации и акклимации к данным условиям произрастания. Стоит выделить поведение изоформы с массой 70 кДа у сорта Восторг, которая в июле исчезала и не появлялась после воздействия искусственного высокотемпературного стресса.

В августе после воздействия высокотемпературного стресса происходило сокращение количества изоформ у всех изучаемых сортов. Так, у Кристалл и Достойный исчезала изоформа с массой 40 кДа. У Красностоп АЗОС исчезали все изоформы, что свидетельствовало о его неустойчивости к экстремально повышенным температурам в этот период. К тому же к августу их количество сократилось с 5 (в июле) до 2. Итак, если Красностоп АЗОС

в июне отличался повышенной устойчивостью к жаре, то в августе выделялся как неустойчивый.

Подобный факт отмечен у различных сортов яблони. По данным Т.Н. Дорошенко в начале лета жароустойчивость сорта яблони Голден Делишес выше, чем сорта Флорина. Однако, сорт Голден Делишес становится менее устойчивыми к повышенным температурам во второй половине июля [20]. У Восторг и Алиготе исчезали изоформы с массами 70 и 60 кДа. У Зариф не изменялся состав, свидетельствующий о его повышенной устойчивости к повышенным температурам в августе в отличие от других сортов. И, если Зариф в июне проявил себя неустойчивым к жаре, то в августе приобрел даже большую устойчивость, чем контрольный сорт Кристалл.

Итак, по степени устойчивости к жаре в августе сорт Зариф выделился как высокоустойчивый. За ним в снижающейся степени устойчивости следовал Кристалл и Достойный, Восторг и Алиготе. Красностоп АЗОС проявил себя как менее устойчивый.

Устойчивость к засухе устанавливали в модельном опыте по искусственно вызванному принудительному обезвоживанию (завядание листьев при комнатной температуре в течение 2 часов). В июне в модельном опыте по завяданию у сорта Кристалл исчезала изоформа с массой 39 кДа. У сорта Достойный исчезали изоформы с массами 130 и 80 кДа, у Красностоп АЗОС изоформы с массами 90, 60 и 39 кДа. У Восторг пропали изоформы с массами 130, 85 и 60 кДа, но появлялись изоформы с массами 40 и 39 кДа. У Алиготе исчезали изоформы с массами 130, 90 и 60 кДа. У Зариф исчезали изоформы с массами 130, 90, 60, 39 кДа, но появлялась изоформа с массой 40 кДа. Итак, по степени устойчивости к искусственной засухе в июне сорта Кристалл, Восторг и Достойный выделились как более устойчивые в сравнении с сортами Красностоп АЗОС, Алиготе, Зариф.

В июле в модельном опыте по завяданию у сортов Кристалл, Достойный, Восторг сохранялись все изоформы, свидетельствующие о полностью

сформированной устойчивости к экстремальной засухе в этот период. У сорта Красностоп АЗОС исчезала изоформа с массой 70 кДа. У Зариф – изоформы с массами 40 и 39 кДа. У Алиготе исчезали изоформы с массами 130, 70, 40, 39 кДа. Итак, по степени устойчивости к искусственной засухе в июле сорта Кристалл, Достойный, Восторг выделились как высокоустойчивые. Сорт Красностоп АЗОС – менее устойчивый. Сорта Зариф, Алиготе отмечены как неустойчивые.

В августе в модельном опыте по завяданию у сорта Кристалл, сохранялись все изоформы, свидетельствующие о полностью сформированной устойчивости к экстремальной засухе в этот период. У сортов Достойный и Алиготе исчезали изоформы с массами 70 и 60 кДа. У Красностоп АЗОС исчезала изоформа с массой 70, но появлялась изоформа с массой 40 кДа. У Восторг исчезала изоформа с массой 60 кДа. У Зариф исчезала изоформа с массой 40 кДа. Таким образом, по степени устойчивости к искусственной засухе в августе сорт Кристалл проявил себя высокоустойчивым. Сорта Красностоп АЗОС, Восторг, Зариф – менее устойчивыми. Сорта Достойный и Алиготе выделились как неустойчивые к искусственной засухе в августе.

Выводы. По данным электрофоретического разделения пероксидаз установлено, что степень устойчивости изучаемых сортов винограда к жаре и засухе в различна. Выявлено, что сорт Кристалл выделяется среди других изучаемых сортов повышенной устойчивостью к жаре и засухе в течение всего летнего вегетационного периода как в полевых условиях, так и в модельных опытах по искусственно вызванным высокотемпературному и водному стрессам. Это достигается за счет множественного изоформного состава пероксидаз, постоянством их состава в ответ на стресс.

Сорта Кристалл, Достойный, Восторг проявили себя высокоустойчивыми к жаре как в начале, так и в конце лета. Красностоп АЗОС в начале лета выделился как высокоустойчивый к жаре, а в августе – как неустойчи-

вый. Сорт Алиготе, наоборот, в июне проявил себя неустойчивым, а в августе приобрел относительную устойчивость. Сорт Зариф в июне проявил себя неустойчивым, в августе приобрел даже большую устойчивость, чем контрольный сорт Кристалл.

По отношению к засухе сорта Кристалл, Достойный, Восторг проявили высокую устойчивость в начале и середине лета. В конце лета, в августе Достойный проявил себя как незасухоустойчивый, а сорт Восторг снизил устойчивость. Сорт Красностоп АЗОС в июне был неустойчив к засухе, в августе приобрел относительную устойчивость. Сорта Алиготе и Зариф в течение всего лета проявили себя незасухоустойчивыми.

Полученные нами данные электрофоретических спектров могут использоваться как диагностические критерии оценки степени жаро- и засухоустойчивости сортов винограда в различные месяцы летнего вегетационного периода в условиях Анапо-Таманской зоны Краснодарского края.

Литература

1. Влияние изменений климата на фенологию винограда [Электронный ресурс] / В.С. Петров [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 57(3). С. 29-50. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/19/03/03.pdf> DOI: 10.30679/2219-5335-2019-3-57-29-50 (дата обращения: 23.01.2023)
2. Использование фермента пероксидазы для диагностики устойчивости сортов винограда (*Vitis vinifera* L.) к низким температурам / Г.К. Киселева [и др.] // Садоводство и виноградарство. 2022. №4. С.27-33. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-4-27-33>
3. Abedi T., Pakniyat H. Antioxidant enzymes changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.) // Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 2010. Vol. 46. № 1. P. 27-34.
4. Çelik Ö., Ayan A., Atak Ç. Enzymatic and non-enzymatic comparison of two different industrial tomato (*Solanum lycopersicum*) varieties against drought stress // Botanical Studies. 2017. № 58. P. 1-13.
5. Eisvand H. R. et al. Effects of hormonal priming and drought stress on activity and isozyme profiles of antioxidant enzymes in deteriorated seed of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum* Host) // Seed Science and Technology. 2010. Vol. 38. № 2. P. 280-297.
6. He Y., Huang B. Differential responses to heat stress in activities and isozymes of four antioxidant enzymes for two cultivars of Kentucky bluegrass contrasting in heat tolerance // Journal of the American Society for Horticultural Science. 2010. Vol. 135. № 2. P. 116-124.
7. Herwibawa B., Haryanto T.A.D., Sakhidin S. Peroxidase isozyme identification of some rice genotypes in M1 generation under drought stress level of-0.03 MPa // AGRIVITA, Journal of Agricultural Science. 2015. Vol.36. №3. P. 210-216.
8. Christy P.M. et al. Biochemical and molecular analysis of sugarcane genotypes response to salinity and drought // International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology. 2013. №1. P. 210-218.

9. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю. В., Обозный А. И. Антиоксидантная система растений: участие в клеточной сигнализации и адаптации к действию стрессоров // [Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. Серія: Біологія. 2011. №1\(22\)](#). С.6-34. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/8338>
10. Zhang Z. et al. Proteome quantification of cotton xylem sap suggests the mechanisms of potassium-deficiency-induced changes in plant resistance to environmental stresses // *Scientific reports*. 2016. Vol. 6. №1. P.1-15.
11. Ahmed A.A. et al. Peroxidase isozyme polymorphism in Grape Cultivars infected by Grapevine fan leaf virus (GFLV) and Tomato ring spot virus (ToRSV) // *Journal of American Science*. 2012. Vol. 8. № 3. P. 674-687.
12. Чудинова Л.А., Суворов В.И., Худеньких С.С. Изменение пероксидазного комплекса у проростков пшеницы при перекрестной адаптации // *Вестник Пермского университета. Серия: Биология*. 2013. №1. С. 52-55.
13. Azri W. et al. Physiological and proteomic responses to drought stress in leaves of two wild grapevines (*Vitis sylvestris*): a comparative study // *Plant growth regulation*. 2020. Vol. 91. P. 37-52.
14. Jahnke G., Májer J., Remete J. Gel Electrophoresis of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Isozymes—A Review // *Gel electrophoresis—advanced techniques* / Edited by Sameh Magdeldin. Rijeka: InTechopen, 2012. P. 67-82.
15. Ritschel P.S., Gomes F.G.G., Ceriotti I., Longhi P., Maia J.D.G., Zanus M. C., Ferreira M. Genetic analysis of Moscato branco and other muscat grapes held by the grape germplasm bank in Brazil // *International Crop Science Congress*. Bento Gonçalves, 2012. P. 3128.
16. Gökbayrak Z. et al. Determination of grafting compatibility of grapevine with electrophoretic methods // *Scientia Horticulturae*. 2007. Vol.113. № 4. P. 343-352.
17. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 143 с.
18. Радюкина Н.Л., Иванов Ю.В., Шевякова Н.И. Методы оценки содержания активных форм кислорода, низкомолекулярных антиоксидантов и активностей основных антиоксидантных ферментов // *Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений* / под ред. Вл.В. Кузнецова, В.В. Кузнецова, Г.А. Романова. Москва, 2012. С. 355-356.
19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.
20. Дорошенко Т.Н. Физиологические подходы к сортоизучению и сортовым агротехнологиям в современном плодоводстве // *Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия*. Т. 25. Краснодар: СКНЦСВВ, 2019. С. 23-27. DOI 10.30679/2587-9847-2019-25-23-27

References

1. Petrov V.S., Aleinikova G.Yu., Novikova L.Yu., Naumova L.G., Lukyanova A.A. The influence of climate changes on the grape phenology [Electronic resource] // *Fruit growing and viticulture of the South of Russia*. 2019. Vol.57(3). P. 29-50. Available at: <http://journalkubansad.ru/pdf/19/03/03.pdf> DOI: 10.30679/2219-5335-2019-3-57-29-50 (accessed date: 23.01.2023) (in Russian)
2. Kiseleva G.K., Ilyina I.A., V.S. Petrov, Zaporozhets N.M., Sokolova V.V., Vyalkov V.V. Use of the peroxidase enzyme to diagnose the resistance of grape varieties (*Vitis vinifera* L.) to low temperatures // *Horticulture and viticulture*. 2022. № 4. P. 27-33. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-4-27-33> (in Russian)
3. Abedi T., Pakniyat H. Antioxidant enzymes changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.) // *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2010. Vol. 46. № 1. P. 27-34.

4. Çelik Ö., Ayan A., Atak Ç. Enzymatic and non-enzymatic comparison of two different industrial tomato (*Solanum lycopersicum*) varieties against drought stress // Botanical Studies. 2017. № 58. P. 1-13.
5. Eisvand H. R. et al. Effects of hormonal priming and drought stress on activity and isozyme profiles of antioxidant enzymes in deteriorated seed of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum* Host) // Seed Science and Technology. 2010. Vol. 38. № 2. P. 280-297.
6. He Y., Huang B. Differential responses to heat stress in activities and isozymes of four antioxidant enzymes for two cultivars of Kentucky bluegrass contrasting in heat tolerance // Journal of the American Society for Horticultural Science. 2010. Vol. 135. № 2. P.116-124.
7. Herwibawa B., Haryanto T.A.D., Sakhidin S. Peroxidase isozyme identification of some rice genotypes in M1 generation under drought stress level of-0.03 MPa // AGRIVITA, Journal of Agricultural Science. 2015. Vol.36. №3. P. 210-216.
8. Christy P.M. et al. Biochemical and molecular analysis of sugarcane genotypes response to salinity and drought // International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology. 2013. №1. P. 210-218.
9. Kolupaev Yu.E., Karpets Yu.V., Obozny A.I. Plant antioxidant system: participation in cell signaling and adaptation to influence of stressors // V. V. Dokuchaev. Series: Biology. 2011. Vol.1(22). P.6-34. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/8338> (in Russian)
10. Zhang Z. et al. Proteome quantification of cotton xylem sap suggests the mechanisms of potassium-deficiency-induced changes in plant resistance to environmental stresses // Scientific reports. 2016. Vol. 6. №1. P.1-15.
11. Ahmed A.A. et al. Peroxidase isozyme polymorphism in Grape Cultivars infected by Grapevine fan leaf virus (GFLV) and Tomato ring spot virus (ToRSV) // Journal of American Science. 2012. Vol. 8. № 3. P. 674-687.
12. Chudinova L.A., Suvorov V.I., Khudenkikh S.S. Change of a peroksidazny complex at wheat sprouts in experiments on cross adaptation // Bulletin of the Perm University. Series: Biology. 2013. Vol. 1. P. 52-55. (in Russian)
13. Azri W. et al. Physiological and proteomic responses to drought stress in leaves of two wild grapevines (*Vitis sylvestris*): a comparative study // Plant growth regulation. 2020. Vol. 91. P. 37-52.
14. Jahnke G., Májer J., Remete J. Gel Electrophoresis of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Isozymes—A Review // Gel electrophoresis—advanced techniques / Edited by Sameh Magdeldin. Rijeka: In Techopen, 2012. P. 67-82.
15. Ritschel P.S., Gomes F.G.G., Ceriotti I., Longhi P., Maia J.D.G., Zanús M.C., Ferreira M. Genetic analysis of Moscato branco and other muscat grapes held by the grape germplasm bank in Brazil // International Crop Science Congress. Bento Gonçalves, 2012. P. 3128.
16. Gökbayrak Z. et al. Determination of grafting compatibility of grapevine with electrophoretic methods // Scientia Horticulturae. 2007. Vol.113. №4. P. 343-352.
17. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. Methods of biochemical research of plants. L.: Agropromizdat, 1987. 143 p. (in Russian)
18. Radyukina N.L., Ivanov Yu.V., Shevyakova N.I. Methods for assessing the content of reactive oxygen species, low molecular weight antioxidants and the activities of the main antioxidant enzymes // Molecular genetic and biochemical methods in modern plant biology / ed. V.I.V. Kuznetsova, V.V. Kuznetsova, G.A. Romanova. Moscow, 2012. P. 355-356. (in Russian)
19. Dospikhov B.A. Methods of fields research. M.: Kolos, 1985. 351 p. (in Russian)
20. Doroshenko T.N. Physiological approaches to variety study and variety agricultural technologies in the modern fruit growing // Scientific works of North Caucasian federal scientific center of horticulture, viticulture, wine-making. 2019. Vol. 25. P. 23-27. DOI 10.30679/2587-9847-2019-25-23-27 (in Russian)