

УДК 634.8 : 631.54

UDC 634.8 : 631.54

06.01.05. Селекция и семеноводство
(сельскохозяйственные науки)

06.01.05 Breeding and seed production
(agricultural sciences)

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГЕНОФОНДА
ВИНОГРАДА ПО РАЗНООБРАЗИЮ
КОМПОНЕНТОВ ЖАРОСТОЙКОСТИ¹**

**ECOLOGICAL ASSESSMENT OF GRAPE
GENE POOL BY VARIETY OF HEAT
RESISTANCE COMPONENTS¹**

Ильина Ирина Анатольевна
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 1234-2517
Scopus ID: 57215431610
e-mail: kubansad@kubannet.ru

Irina Irina Anatolyevna
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN-code: 1234-2517
Scopus ID: 57215431610
e-mail: kubansad@kubannet.ru

Ненько Наталия Ивановна
д.с.-х.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 2257-0373
Scopus ID: 57215418224
e-mail: nenko.nataliya@yandex.ru

Nenko Nataliya Ivanovna
Dr.Sci.Agr. sciences, professor
RSCI SPIN-code: 2257-0373
Scopus ID: 57215418224
e-mail: nenko.nataliya@yandex.ru

Киселева Галина Константиновна
к.б.н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 5784-2041
Scopus ID: 57203465075
e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Kiseleva Galina Konstantinovna
Cand.Biol.Sci., Docent Senior
RSCI SPIN-code: 5784-2041
Scopus ID: 57203465075
e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Соколова Виктория Викторовна
канд. с.-х. наук
РИНЦ SPIN-код: 7762-5437
e-mail: KudryshovaVV@yandex.ru
*Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства,
виноделия», Краснодар, Россия*

Sokolova Viktoriya Viktorovna
Cand.Agr.Sci.
RSCI SPIN-code: 7762-5437
e-mail: KudryshovaVV@yandex.ru
*Federal State Budget Scientific Institution "North-
Caucasian Federal Scientific Center for
Horticulture, Viticulture, Winemaking", Krasnodar,
Russia*

Яблонская Елена Карленовна
Д.с.-х.н., доцент
РИНЦ SPIN-код 2881-4547
Scopus ID: 57203117403
e-mail: yablonskay@mail.ru
*ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ им И.Т. Трубилина,
Краснодар, Россия*

Yablonskay Helena Karlenovna,
Cand.Biol.Sci., docent
RSCI SPIN-code 2881-4547
Scopus ID: 57203117403
e-mail: yablonskay@mail.ru
*Kuban State Agrarian University named after I. T.
Trubilin, Krasnodar, Russia*

Вопросы повышения устойчивости растений винограда к абиотическим и биотическим факторам среды занимают одно из главных мест в отрасли виноградарства. Особую значимость они приобрели в условиях глобального и локального изменения климата. Стрессы летнего периода приводят к резкому снижению продуктивности, а нередко к гибели растений винограда. При воздействии стрессовых факторов интенсивные сорта могут реализовать лишь небольшой процент потенциальной продуктивности. В статье проведена

The issues of increasing the resistance of grape plants to abiotic and biotic environmental factors occupy one of the main places in the viticulture industry. They have acquired particular importance in the context of global and local climate change. The stresses of the summer period lead to a sharp decrease in productivity, and often to the death of grape plants. Under the influence of stress factors, intensive varieties can realize only a small percentage of the potential productivity. The article provides an ecological assessment of grape varieties

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта №МФИ-20.1/19
The research was carried out with the financial support of the Kuban science Foundation in the framework of the scientific project № MFI-20.1/19

экологическая оценка сортов винограда по разнообразию компонентов устойчивости к стрессам летнего периода: жаростойкости и засухоустойчивости. По результатам протеомной, энзимной и метаболомной оценки экспрессии генотипа наиболее информативными физиолого-биохимическими параметрами, характеризующими адаптационную устойчивость сортов винограда к повреждающим стрессорам летнего периода, стали: содержание связанной формы воды, пероксидазная активность, изоферментный состав пероксидазы, содержание малонового диальдегида, антиоксидантов (фенолкарбоновые кислоты, аскорбиновая и абсцизовая, каротиноиды), пролина. Показано, что биохимическая адаптация сортов винограда к летним стрессам достигается за счет синтеза повышенного количества осмопротекторов (сахарозы, пролина), антоцианов, халконов, аскорбиновой кислоты. Выявлены взаимосвязи в динамике физиологических и биохимических процессов генотипов винограда различного эколого-географического происхождения в годичном цикле развития, базирующихся на многофакторном анализе многолетних данных. По физиолого-биохимическим данным в условиях засухи летнего периода 2020 г. более засухоустойчивыми показали себя сорта *Достойный*, *Красностоп АЗОС*, *Кристалл* и *Зариф*. Среди испытываемых сортов винограда большей жаростойкостью характеризовались сорта *Восторг*, *Достойный*, *Алиготе* и *Зариф*.

Ключевые слова: АДАПТИВНОСТЬ, АБИОТИЧЕСКИЕ СТРЕССЫ, ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ, ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-170-006>

according to the diversity of components of resistance to summer stresses: heat resistance and drought resistance. According to the results of proteomic, enzymatic and metabolic assessment of genotype expression, the most informative physiological and biochemical parameters characterizing the adaptive resistance of grape varieties to damaging stressors of the summer period are: content of bound water form, peroxidase activity, isoenzyme composition of peroxidase, content of malondialdehyde, antioxidants (phenol carboxylic acids, ascorbic and abscisic, carotenoids), proline. It is shown that biochemical adaptation of grape varieties to summer stresses is achieved through the synthesis of an increased amount of osmoprotectors (sucrose, proline), anthocyanins, chalcones, ascorbic acid. The interrelationships in the dynamics of physiological and biochemical processes of genotypes of grapes of different ecological and geographical origin in the annual development cycle have been revealed, based on a multivariate analysis of long-term data. According to physiological and biochemical data, under drought conditions in the summer of 2020, the varieties *Dostoyny*, *Krasnostop AZOS*, *Kristall* and *Zarif* proved to be more drought-resistant. Among the tested grape varieties, the higher heat resistance was characteristic of the *Vostorg*, *Dostoyny*, *Aligote* and *Zarif* varieties.

Keywords: ADAPTIVITY, ABIOTIC STRESS, GENE EXPRESSION, PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS

Условия Северо-Кавказского региона России благоприятствуют получению высоких урожаев винограда, способных выдерживать конкуренцию на международном рынке. Однако в агроклиматических условиях этого региона получение стабильных высоких урожаев винограда ограничивается воздействием неблагоприятных факторов внешней среды – высокая и низкая температуры, большие перепады температур на протяжении вегетационного периода, возвратные морозы после оттепели, когда растения винограда находятся в состоянии «вынужденного покоя», воздушная и почвенная засуха в период формирования ягод винограда [1]. Кроме того, существенно снижают урожай и ухудшают товарные качества

заболевания и вредители винограда, которые также зависят от изменений погодно-климатических условий. Поэтому только сорта, сочетающие высокую продуктивность и качество с адаптивностью к условиям данного региона, могут с успехом возделываться здесь в достаточно широких масштабах [2-4].

В зоне умеренного климата для перезимовки растений винограда решающее значение имеют развитие жаростойкости и деакклиматизации (потеря приобретенной жаростойкости в ответ на холодные температуры). Однако в связи с наблюдаемым в последнее время изменением климата и непредсказуемыми экстремальными погодными явлениями растения винограда могут акклиматизироваться к началу летнего периода неадекватно. В связи с этим исследования физиолого-биохимических механизмов акклиматизации к высокотемпературному стрессу являются актуальными [5-7].

Устойчивость растений к повышенным температурам является важной составляющей адаптивного потенциала сортов винограда. За более чем столетний период изучения адаптационных механизмов растений создана огромная база данных, показывающая, что высокотемпературный стресс сопровождается рядом физиологических и биохимических процессов.

С целью установления наиболее информативных физиолого-биохимических показателей, характеризующих адаптационную устойчивость сортов винограда к повреждающим стрессорам летнего периода, проведена комплексная протеомная, энзимная и метаболомная оценка экспрессивности генотипов сортов винограда различного эколого-географического происхождения к высоким температурам и дефициту влаги в гидротермических условиях летнего периода 2020 года [8-10].

Анализ гидротермических условий летнего периода 2017-2020 годов г-к. Анапа показал незначительные отличия 2020 года от предыдущего

2019 года. Однако 2020 г был более засушлив. Так в июне выпало 7 мм осадков при максимальной температуре воздуха 35° С. (рисунок 1).

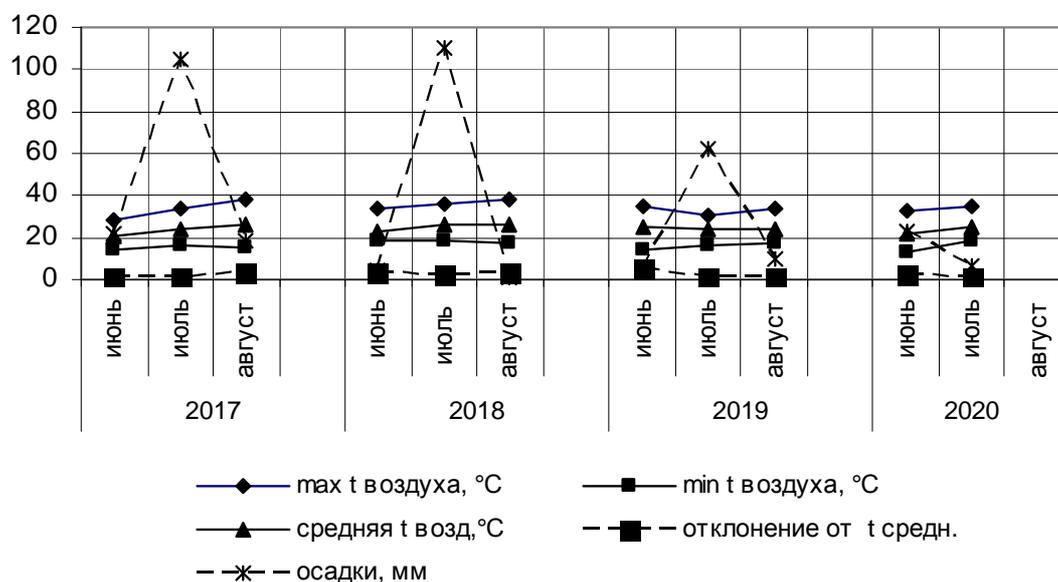


Рисунок 1 – Гидротермические условия г-к Анапа в летний период 2017-2020 гг.

По результатам метаболомной и анатомо-морфологической оценки экспрессии генотипов сортов винограда различного эколого-географического происхождения наиболее информативными физиолого-биохимическими параметрами, характеризующими адаптационную устойчивость сортов винограда к повреждающим стрессорам летнего периода 2020 года, стали: пероксидазная активность, изоферментный состав пероксидазы, содержание малонового диальдегида, а также антиоксидантов (фенолкарбоновые кислоты, аскорбиновая и абсцизовая, каротиноиды), пролина.

В условиях июня 2020 г. большей пероксидазной активностью отличались сорта амуро-американского происхождения (*Кристалл* и *Восторг*), а также сорт *Красностоп АЗОС* евро-американского происхождения) (рисунок 2)

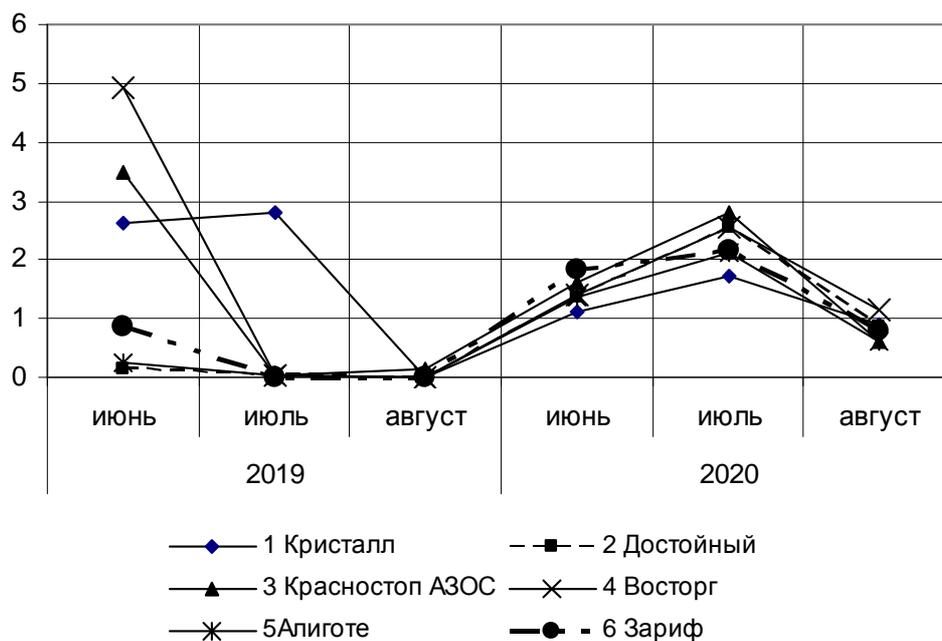


Рисунок 2 – Активность пероксидазы в листьях сортов винограда в летний период 2019-2020 гг. (г-к. Анапа)

Следует отметить, что в июне 2019 года сорта *Кристалл*, *Восторг* и *Красностоп АЗОС* также отличались большей пероксидазной активностью, однако в отличие от прошлого года в июне 2020 г. по-видимому в связи с более высокой засухой дифференциация сортов гораздо ниже.

Наиболее активным был пероксидазный комплекс сортов *Зариф* и *Алиготе*, менее активным – сортов *Кристалл* и *Восторг*. Изоферментный состав пероксидазы был представлен белками с молекулярной массой 10, 15, 25, 35, 40, 50, 70, 140, 160, 190, 200, 250 кДа.

Одним из показателей устойчивости клеточных мембран к окислительному стрессу служит содержание малонового диальдегида – продукта разрушения липидов (рисунок 3), высокое содержание которого демонстрировали сорта *Зариф* и *Красностоп АЗОС*.

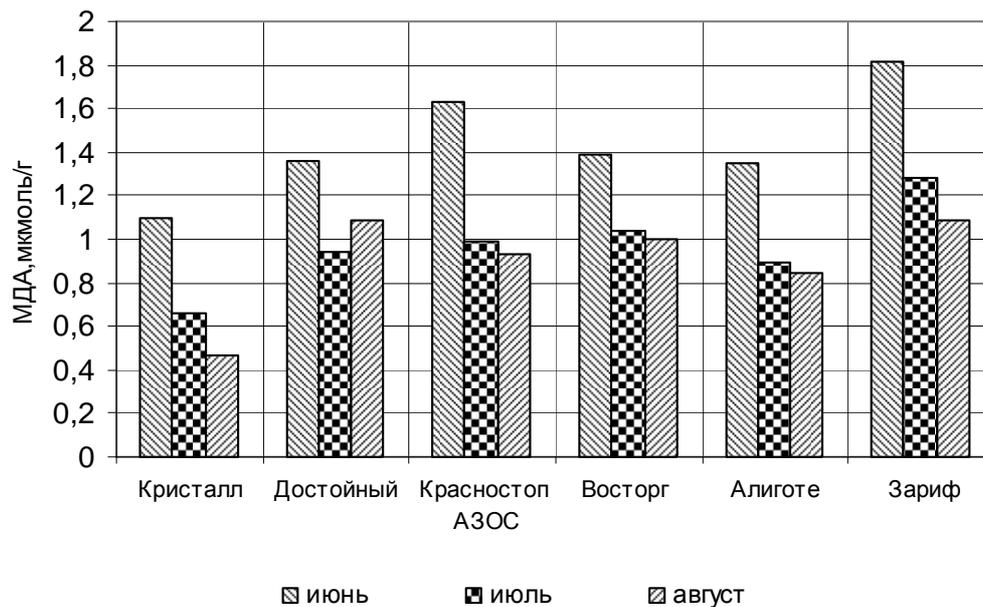


Рисунок 3 – Содержание малонового диальдегида в листьях сортов винограда в летний период 2020 г. (г-к. Анапа)

Антиокислительной активностью также обладают аскорбиновая кислота и фенолкарбоновые кислоты. Результаты исследований динамик изменений содержания аскорбиновой кислоты в летний период 2020 года представлены на рисунке 4, фенолкарбоновых кислот – на рисунке 5.

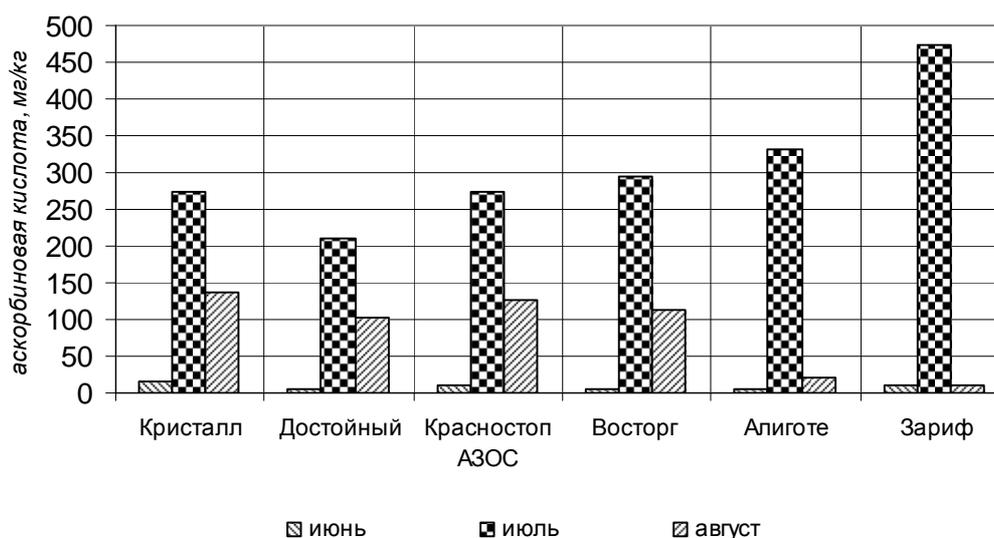


Рисунок 4 – Динамика содержания аскорбиновой кислоты в листьях сортов винограда в летний период 2020 г. (г-к. Анапа)



Рисунок 5 – Динамика содержания фенолкарбоновых кислот в листьях сортов винограда в летний период 2020 г. (г-к. Анапа)

Большее содержание как аскорбиновой, так и фенолкарбоновых кислот отмечалось у сортов *Кристалл*, *Восторг*, *Алиготе* и *Зариф*, что позволяет предположить у них более высокую устойчивость к окислительному стрессу.

Полученные данные о функционировании антиоксидантных реакций показали, что у исследованных сортов винограда существует избирательность в активации тех или иных метаболических путей при действии низкотемпературного стресса. Эти изменения являются составной частью защитного механизма, позволяющего сортам винограда сформировать ответные реакции на воздействие высокотемпературного стресса.

Одним из важнейших показателей устойчивости сортов винограда к засухе служит оводненность листьев. Более стабильным содержание связанной воды в листьях изучаемых сортов винограда было у сортов *Зариф*, *Кристалл* и *Достойный*.

На устойчивость к засухе оказывает влияние содержание абсцизовой кислоты (АБК), более высокое содержание которой в июне 2020 года отмечено у сорта *Кристалл*.

Обобщенные результаты определения физиолого-биохимических показателей, наиболее информативно свидетельствующих о засухоустойчивости сортов винограда, приведены на рисунке 6.

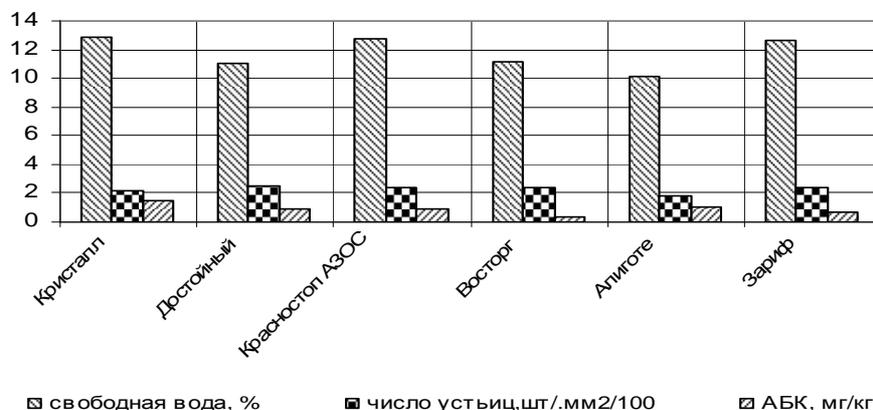


Рисунок 6 – Засухоустойчивость сортов винограда в условиях июньской засухи 2020 г. (г-к. Анапа)

Установлено, что более засухоустойчивыми оказались сорта *Красностоп АЗОС*, *Достойный*, *Кристалл* и *Зариф*, у которых содержание свободной воды коррелирует с количеством устьиц ($K_{коррел.} 0,38$).

Результаты определения жаростойкости сортов винограда приведены на рисунке 7.

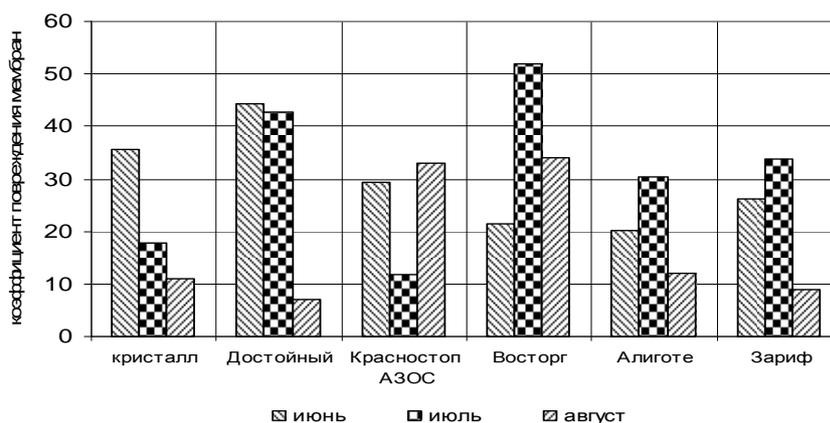


Рисунок 7 – Динамика жаростойкости сортов винограда в летний период 2020 г. (Г-к. Анапа)

Среди испытываемых сортов винограда большую жаростойкость в июле месяце демонстрировали сорта *Восторг*, *Достойный*, *Алиготе* и *Зариф*, однако в августе месяце свою жаростойкость подтвердили только сорт *Восторг*.

На содержание связанной воды в клетках листьев большое влияние оказывают такие осмопротекторы, как сахароза и пролин [11].

В условиях высокой температуры и низкой влагообеспеченности июня 2020 г. большее содержание пролина отмечено в листьях сортов *Кристалл*, *Достойный* и *Зариф*, а в августе месяце – *Кристалл* и *Восторг* (рисунок 8).

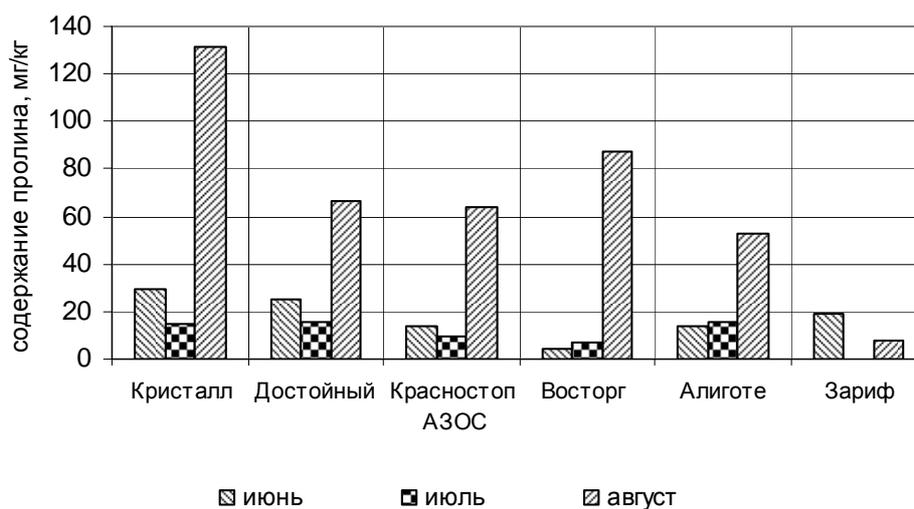


Рисунок 8 – Динамика содержания пролина в листьях сортов винограда в летний период 2020 г. (г-к. Анапа)

В условиях засухи более стабилен фотосинтез по показателям содержания хлорофилла и каротиноидов у сортов евро-американского происхождения (рисунок 9, 10).

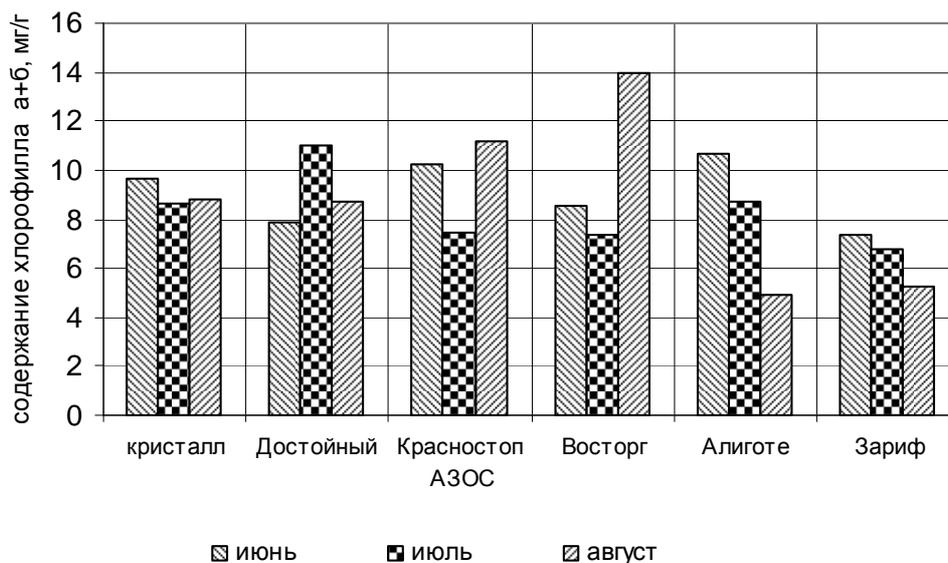


Рисунок 9 – Динамика содержания хлорофилла(а+б) в листьях сортов винограда в летний период 2020 г. (г-к. Анапа)

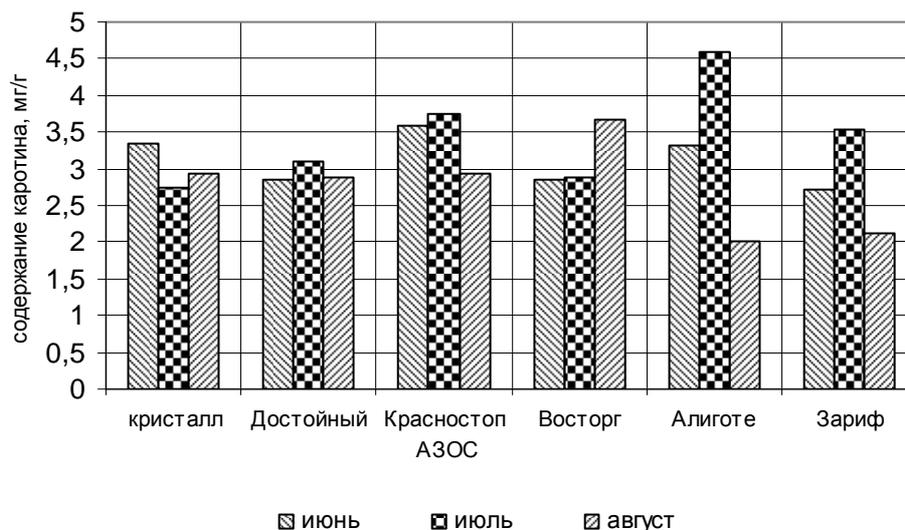


Рисунок 10 – Динамика содержания каротиноидов в сортах винограда в летний период 2020 г. (г-к. Анапа)

Заключение. Наиболее информативными физиолого-биохимическими параметрами, характеризующими адаптационную устойчивость сортов винограда к повреждающим стрессорам летнего периода, по результатам проведенной протеомной, энзимной и метаболомной оценки экспрессии генотипа стали: содержание связанной формы воды, пероксидазная активность, изоферментный состав пероксидазы, содержание малонового

диальдегида, антиоксидантов (фенолкарбоновые кислоты, аскорбиновая и абсцизовая, каротиноиды), пролина. Кроме того, показано, что биохимическая адаптация сортов винограда к летним стрессам достигается за счет синтеза повышенного количества осмопротекторов (сахарозы, пролина), антоцианов, халконов, аскорбиновой кислоты.

По физиолого-биохимическим данным в условиях засухи летнего периода 2020 г. более засухоустойчивыми показали себя сорта *Достойный*, *Красностоп АЗОС*, *Кристалл* и *Зариф*. Среди испытываемых сортов винограда большей жаростойкостью характеризовались сорта *Восторг*, *Достойный*, *Алиготе* и *Зариф*.

Список использованной литературы

1. Егоров, Е.А. Адаптивный потенциал винограда в условиях стрессовых температур зимнего периода / Е.А. Егоров, К.А. Серпуховитина, В.С. Петров [и др.] // Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2006. – 156 с.
2. Петров, В.С. Научные основы устойчивого выращивания винограда в аномальных погодных условиях. Монография / В.С. Петров, Т.П. Павлюкова, А.И. Талаш // Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2014. – 157 с.
3. Петров, В.С. Потенциал хозяйственной продуктивности винограда, его реализация в условиях умеренно континентального климата юга России //Магарач. Виноградарство и виноделие. - 2016. - № 1. - С. 20-22.
4. Виноградарство / К.В. Смирнов, Л.М. Малтабар, А.К. Раджабов[и др.] – М., 2017. –536 с.
5. Ненько, Н. И. Физиологические методы в адаптивной селекции плодовых культур / Н.И. Ненько, Т.Н. Дорошенко, Т.А. Гасанова // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве.- Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012.- С. 189-198.
6. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур.- М.: Дрофа, 2010.- 638 с.
7. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. – М.: Изд-во РУДН «Агрорус», 2001. – Т. II. – 708 с.
8. Ненько, Н.И. Физиолого-биохимические методы изучения исходного и селекционного материала / Н.И. Ненько, И.А. Ильина, В.С. Петров, М.А. Сундырева // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012.- С. 530-540.
9. Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда. Учебно-методическое пособие.- Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015.- 215 с.
10. Киселева, Г.К. Анатомио-морфологическая оценка адаптивного потенциала сортов плодовых культур и винограда // Современные методологические аспекты

организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве.- Краснодар : СКЗНИИСиВ, 2012.- С. 199–205.

11. Hossain, M. Proline protects plants against abiotic oxidative stress: biochemical and molecular mechanisms / Mohammad Anwar Hossain, Md. Anamul Hoque, David J. Burritt, Masayuki Fujita // *Oxidative Damage to Plants*. – 2014. – № 5. – P. 477-522.

References

1. Egorov, E.A. Adaptivnyj potencial vinograda v uslovijah stressovyh temperatur o perioda / E.A. Egorov, K.A. Serpuhovitina, V.S. Petrov [i dr.] // *Krasnodar: ISiV*, 2006. – 156 s.
2. Petrov, V.S. Nauchnye osnovy ustojchivogo vyrashhivaniya vinograda v anomal'nyh uslovijah. Monografija / V.S. Petrov, T.P. Pavljukova, A.I. Talash // *Krasnodar: KZNIISiV*, 2014. – 157 s.
3. Petrov, V.S. Potencial hozjajstvennoj produktivnosti vinograda, ego realizacija v shumerenno kontinental'nogo klimata juga Rossii // *Magarach. Vinogradarstvo i ije*. - 2016. - № 1. - S. 20-22.
4. *Vinogradarstvo* / K.V. Smirnov, L.M. Maltabar, A.K. Radzhabov[i dr.] – M., 2017. –
5. Nen'ko, N. I. Fiziologicheskie metody v adaptivnoj selekcii plodovyh kul'tur / N.I. , T.N. Doroshenko, T.A. Gasanova // *Sovremennye metodologicheskie aspekty organizacii selekcionnogo processa v sadovodstve i vinogradarstve*.- *Krasnodar: SKZNIISiV*, S. 189-198.
6. Koshkin E.I. Fiziologija ustojchivosti sel'skohozjajstvennyh kul'tur.- M.: Drofa, 2010.-
7. Zhuchenko, A.A. Adaptivnaja sistema selekcii rastenij (jekologo-geneticheskie osnovy) Zhuchenko. – M.: Izd-vo RUDN «Agrorus», 2001. – T. II. – 708 s.
8. Nen'ko, N.I. Fiziologo-biohimicheskie metody izuchenija ishodnogo i selekcionnogo la / N.I. Nen'ko, I.A. Il'ina, V.S. Petrov, M.A. Sundryeva // *Sovremennye logicheskie aspekty organizacii selekcionnogo processa v sadovodstve i vinogradarstve*. *dar: SKZNIISiV*, 2012.- S. 530-540.
9. *Sovremennye instrumental'no-analiticheskie metody issledovaniya plodovyh kul'tur i ida. Uchebno-metodicheskoe posobie*.- *Krasnodar: SKZNIISiV*, 2015.- 215 s.
10. Kiseleva, G.K. Anatomico-morfologicheskaja ocenka adaptivnogo potenciala sortovyh kul'tur i vinograda // *Sovremennye metodologicheskie aspekty organizacii onnogo processa v sadovodstve i vinogradarstve*.- *Krasnodar : SKZNIISiV*, 2012.- S. 15.
11. Hossain, M. Proline protects plants against abiotic oxidative stress: biochemical and lar mechanisms / Mohammad Anwar Hossain, Md. Anamul Hoque, David J. Burritt, iki Fujita // *Oxidative Damage to Plants*. – 2014. – № 5. – P. 477-522.