

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Научная статья

УДК 634.8:[581.1]

DOI: 10.30901/2227-8834-2025-4-30-39



Водный режим и пигментный состав листьев винограда в условиях Краснодарского края

Г. К. Киселева, И. А. Ильина, Н. М. Запорожец, А. А. Хохлова

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия

Автор, ответственный за переписку: Галина Константиновна Киселева, galina-kiseleva-1960@mail.ru

Актуальность. В связи с климатическими изменениями в Анапо-Таманской зоне Краснодарского края виноград страдает от недостатка осадков и повышенных температур в период активного роста ягод, что влияет на качественные и количественные показатели урожая и винной продукции.

Материалы и методы. Изучались 6 сортов винограда различного эколого-географического происхождения по общепринятым физиологико-биохимическим методикам.

Результаты. Для сортов 'Красностоп АЗОС' и 'Алиготе' в период активной вегетации отмечено меньше водопотерь – 12,34–15,54%, в то время как у сортов 'Кристалл', 'Достойный', 'Восторг', 'Зариф' этот показатель составлял 16,32–23,82%. Изучение содержания фотосинтетических пигментов показало, что у сортов 'Красностоп АЗОС' и 'Алиготе' в течение лета отмечена наибольшая доля каротиноидов в пигментном составе листа, обуславливающих устойчивость к засухе. К концу лета у этих сортов отношение «хлорофиллы / каротиноиды» было равно 2,93 и 3,15 соответственно, в то время как у сортов 'Кристалл', 'Достойный', 'Восторг', 'Зариф' этот показатель был в пределах 3,25–3,58.

Заключение. По результатам предварительных исследований сорта 'Красностоп АЗОС' и 'Алиготе' можно рекомендовать для использования в селекционной работе с целью получения новых засухоустойчивых сортов.

Ключевые слова: *Vitis vinifera* L., оводненность, хлорофиллы, каротиноиды, засуха

Благодарности: исследование выполнено в рамках государственного задания FGRE-2022-0004 «Разработка и реализация методологии управления биологическим, производственным и адаптивным потенциалом ампелоценозов по критериям экологической, эдафической и пищевой безопасности, энерго-ресурсосбережения в условиях техногенной интенсификации производства и изменений климата на 2022–2026 гг.».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Киселева Г.К., Ильина И.А., Запорожец Н.М., Хохлова А.А. Водный режим и пигментный состав листьев винограда в условиях Краснодарского края. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2025; 186(4):30-39. DOI: 10.30901/2227-8834-2025-4-30-39

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Original article
DOI: 10.30901/2227-8834-2025-4-30-39

Water regime and photosynthetic pigments in leaves of grapevines in Krasnodar Territory

Galina K. Kiseleva, Irina A. Ilina, Natalia M. Zaporozhets, Anna A. Khokhlova

North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, Krasnodar, Russia

Corresponding author: Galina K. Kiseleva, galina-kiseleva-1960@mail.ru

Background. Due to climatic changes in the Anapo-Taman zone of Krasnodar Territory, grapevine suffers from a lack of precipitation and elevated temperatures during the active growth of berries, which leads to a deterioration in the quality of grape harvests and wine products.

Materials and methods. Six grapevine cultivars of various ecogeographic origin were studied with conventional physiological and biochemical methods.

Results. The study of the water regulation in leaves showed that cvs. 'Krasnostop AZOS' and 'Aligote' manifested lower moisture losses during their growing season in summer: 12.34–15.54%. For cvs. 'Kristall', 'Dostoyny', 'Vostorg' and 'Zarif', this indicator varied within 16.32–23.82%. As for the photosynthetic pigment content, 'Krasnostop AZOS' and 'Aligote' had the largest share of carotenoids in their leaf pigment composition in all phenophases, which determined resistance to drought. By the end of the summer, the chlorophyll/carotenoid ratio in those two cultivars reached minimal values: 2.93 and 3.15, respectively. In the leaves of 'Kristall', 'Dostoyny', 'Vostorg' and 'Zarif', this ratio was within 3.25–3.58.

Conclusion. Cvs. 'Krasnostop AZOS' and 'Aligote' can be recommended for breeding practice to develop new cultivars that might inherit physiological features inducing drought resistance.

Keywords: *Vitis vinifera* L., moisture, chlorophylls, carotenoids, drought

Acknowledgements: the research was carried out within the framework of the state task, Project No. FGRE-2022-0004 "Development and implementation of a methodology for managing the biological, production and adaptive potential of ampeloenoses according to the criteria of environmental, edaphic and food safety, energy and resource saving in the conditions of technogenic intensification of production and climate change for 2022–2026".

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Kiseleva G.K., Ilina I.A., Zaporozhets N.M., Khokhlova A.A. Water regime and photosynthetic pigments in leaves of grapevines in Krasnodar Territory. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2025;186(4):30-39. (In Russ.). DOI: 10.30901/2227-8834-2025-4-30-39

Введение

Виноград (*Vitis vinifera* L.) – важная сельскохозяйственная культура для экономики Краснодарского края. Почвенно-климатические условия региона и использование современных агрономических технологий способствуют получению высоких урожаев. В настоящее время наблюдается положительная динамика увеличения объемов производства этой культуры. Так, с 2018 по 2023 г. урожайность винограда увеличилась на 20%, валовой сбор вырос на 42%, до 889,6 тыс. тонн в год (<https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>).

За последние 25 лет метеорологические условия на территории Анапо-Таманской зоны Краснодарского края претерпели значительные изменения. Годовая сумма атмосферных осадков увеличилась на 8%, но в период активного роста ягод, когда растения особенно нуждаются во влаге, их количество уменьшилось на 15%. В то же время средняя годовая температура воздуха увеличилась на 4°C, максимальная и минимальная – на 5,0°C (Kiseleva et al., 2022; Petrov et al., 2022). По данным метеостанции г. Анапы, сумма активных температур за 2014–2024 гг. в среднем составляла 3921,4°C, что существенно превышало среднемноголетний показатель за предыдущие 2003–2013 гг., который составлял 3524,6°C.

Недостаточная водообеспеченность и повышенные температуры, особенно в условиях высокой инсоляции, могут приводить к ускоренному созреванию ягод винограда, что ухудшает их качество, а также цвет и аромат вина. В связи с этим изучение ответных реакций винограда на изменяющиеся условия внешней среды стало в последнее время активной областью исследований как в Краснодарском крае, так и в других регионах мира с развитым виноградарством. Многочисленными исследованиями показано влияние глобальных изменений климата на рост и развитие виноградной лозы, физиологические процессы, включая фотосинтез, дыхание, эффективность использования влаги, накопление сахаров и антоцианов в ягодах (Biasi et al., 2019; Cataldo et al., 2022; Lehr et al., 2022; Petrov et al., 2022; Somkuwar et al., 2024).

Жара и засуха вызывают изменения в метаболизме растений, фотосинтезе, водном обмене, что отражается на физиологическом состоянии растений. Изменения показателей водного режима, пигментного состава листьев в течение вегетационного периода служат надежными критериями устойчивости различных растений к жаре и засухе. Показатели оводненности и водопотерь листьев использовали при выявлении засухоустойчивых сортов яблони, фундука, гортензии, актинидии (Ryndin et al., 2014; Ozgerelieva et al., 2015).

Для устойчивых генотипов характерна высокая водоудерживающая способность листьев, меньшие водопотери по сравнению с неустойчивыми, минимальное изменение тургора в период засухи, более высокий водный потенциал за счет удержания воды осмотически активными веществами, а также использования других механизмов (Candar et al., 2023; Sun et al., 2023).

У винограда в отличие от многих других растений и в условиях благоприятного водообеспечения кустов, и при сильной засухе не наблюдается большого нарушения водного баланса, поскольку виноградное растение обладает совершенной системой авторегуляции водного режима (Filimon et al., 2016; Kiseleva et al., 2022; Polukhina, 2023). Особо важная роль в защите растений винограда от обезвоживания принадлежит фитогормону абсцизо-

вой кислоте (АБК), которая регулирует закрытие устьиц в первые минуты воздействия засухи (Lehr et al., 2022; Candar et al., 2023).

В ряде научных работ содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилла, каротиноидов) использовали в качестве маркеров засухоустойчивости у плодовых, ягодных, орехоплодных, декоративных культур (Ryndin et al., 2014; Panfilova, Golyaeva, 2017). Так, у устойчивых к засухе сортов яблони содержание хлорофилла в листьях оставалось стабильным в период водного стресса по сравнению с неустойчивыми (Wang et al., 2018). Показано, что в листьях фундука в условиях повышенных температур и засухи уменьшалось содержание хлорофилла, а содержание каротиноидов увеличивалось в 2 раза (Ryndin et al., 2014).

Анапская ампелографическая коллекция Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия, насчитывающая более 5000 образцов винограда различного эколого-географического происхождения, является самой крупной в России. В условиях изменяющегося климата оценка потенциала сортов винограда приобретает особое значение прежде всего для задач селекции. С ростом температур и нестабильности осадков все более востребованы образцы с повышенной засухоустойчивостью и жаростойкостью.

Цель данной работы – провести сравнительную оценку сортов винограда различного эколого-географического происхождения в условиях летнего вегетационного периода в Анапо-Таманской зоне Краснодарского края по показателям водного режима и содержанию фотосинтетических пигментов.

Материалы и методы

Объектами для исследования являлись внутри- и межвидовые гибриды винограда различного эколого-географического происхождения: 'Кристалл' (Венгрия), 'Достойный', 'Красностоп АЗОС', 'Восторг' (Россия), 'Алиготе' (Франция), 'Зариф' (Таджикистан). Растения 1995 года посадки, подвой – Кобер 5ББ. Формировка – двусторонний высокоштамбовый спиральный кордон АЗОС. Схема посадки – 3 × 2,5 м, почва – чернозем южно-карбонатный. Образцы сортов винограда предоставлены Центром коллективного пользования «Анапская ампелографическая коллекция» Анапской зональной опытной станции – филиала Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (СКФНЦСВВ), расположенной в г. Анапе (44°9416760' с. ш.; 37°3082120' в. д.; высота над уровнем моря – 15 м).

Листья отбирали в июне – августе по 10 штук с пяти растений каждого сорта. Отобранные растения маркировали для повторного отбора проб. Отбор листьев проводили со средней части побегов текущего сезона (8–12-й лист от основания), где сортовая и возрастная вариабельность листьев является наименьшей. Даты отбора проб были выбраны в соответствии с международной классификацией фенологических faz (Filimon et al., 2016), которые виноградное растение проходит в течение годичного цикла развития:

- 1 – начало сокодвижения и распускание почек;
- 2 – рост побегов до начала цветения;
- 3 – период цветения;
- 4 – завязывание и рост ягод;
- 5 – период созревания ягод;
- 6 – вызревание побегов и листопад.

В таблице 1 приведены даты отбора проб. Материал для исследования отбирали на наиболее значимых для формирования ягод фенофазах (3 – «цветение»; 4 – «завязывание и рост ягод»; 5 – «созревание ягод»). Продолжительность фенологических фаз зависит от климатических факторов, генотипических особенностей сорта, агротехники. В умеренно континентальном климате годичный цикл виноградной лозы длится в среднем 160–220 дней (Filimon et al., 2016).

Таблица 1. Даты отбора проб в период исследований
(Анапская зональная опытная станция виноградарства и виноделия, г. Анапа, 2023–2024 гг.)

Table 1. Sampling dates during the research
(Anapa Zonal Experiment Station of Viticulture and Winemaking, Anapa, 2023–2024)

Сорт / Cultivar	Цветение / Flowering		Завязывание и рост ягод / Setting and growth of berries		Созревание ягод / Ripening of berries	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024
‘Кристалл’	2.06	3.06	20.06	22.06	2.08	5.08
‘Достойный’	4.06	4.06	1.07	3.07	25.08	26.08
‘Красностоп АЗОС’	2.06	3.06	28.06	27.06	25.08	26.08
‘Восторг’	7.06	5.06	20.06	22.06	2.08	4.08
‘Алиготе’	4.06	4.06	1.07	3.07	20.08	18.08
‘Зариф’	4.06	3.06	20.06	22.06	2.08	5.08

Климат и метеорологические условия

Климат Анапо-Таманской зоны Краснодарского края умеренно континентальный. Из-за небольшой высоты (до 200 м) Кавказских гор, покрытых лесом, подъема воздушных масс и конденсации влаги здесь не происходит, что является причиной жаркого и засушливого лета.

По данным метеостанции г. Анапы, среднегодовая температура воздуха на участке исследований составляет 12,6°C, во время активной вегетации винограда (май – сентябрь) она составляет +20,5°C, в период вынужденного покоя растений (январь – февраль) она составляет –2,7°C. Минимальная температура в зимний период достигает –24°C, максимальная в летний вегетационный период достигает +38°C. Годовая сумма атмосферных осадков в среднем составляет 565 мм.

В летний период, когда происходят процессы цветения, завязывания, формирования и созревания ягод, большое значение имеют температура и влажность воз-

духа. В июне, когда у изучаемых сортов наблюдали цветение, среднемесячные температуры воздуха составляли +22,1...+23,1°C, что является нормальным для прохождения физиологических процессов. Но условия 2024 г. осложняли процесс цветения. В июне 2024 г., по сравнению с июнем 2023 г., наблюдались максимально высокие температуры, достигающие +34°C, пониженная относительная влажность воздуха (60%), что на 10–20% меньше среднемноголетних показателей, и недостаток осад-

ков – 37 мм за месяц при норме 45 мм. В июле среднемесячные температуры воздуха составляли +24,7...+28,4°C. Первая декада июля 2024 г. была аномально сухой и жаркой – максимально высокие температуры достигали +40°C. Относительная влажность воздуха была низкой (55–70%), что на 15–30% меньше среднемноголетних показателей. В июле 2023 г., по сравнению с июлем 2024 г., был недобор осадков – 24,9 мм за месяц при норме 45 мм. В августе 2023 г. среднемесячные температуры воздуха составляли +27,1°C, а августе 2024 г. – +25,8°C. В целом температуры августа были благоприятными для созревания ягод винограда и накопления в них сахара. Август 2023 г. был без осадков, а в августе 2024 г. выпало 104 мм осадков, что выше нормы на 24 мм (табл. 2).

Количественная оценка физиолого-биохимических показателей

Оводненность листьев определяли весовым методом после высушивания навесок в термостате при 105°C до

Таблица 2. Метеорологические условия в период исследований
(Анапская зональная опытная станция виноградарства и виноделия, г. Анапа, 2023–2024 гг.)

Table 2. Meteorological conditions during the study
(Anapa Zonal Experiment Station of Viticulture and Winemaking, Anapa, 2023–2024)

Метеорологические показатели / Agrometeorological indicators	Июнь / June		Июль / July		Август / August	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Средняя температура воздуха, °C	22,1	23,8	24,7	28,4	27,1	25,8
Максимальная температура воздуха, °C	30	34	32,3	40	37,3	34
Минимальная температура воздуха, °C	16	15	19	19	21	18
Сумма осадков, мм	45	37	24,9	83	0	104
Относительная влажность воздуха, %	72	60	71,1	58	59	69

постоянной массы и выражали в процентах от сырой массы. Количество водопотерь в листьях определяли путем подсчета потери воды через 2 часа после сбора материала, выражая результат в процентах от полного насыщения (Kushnirenko, 1975). Содержание хлорофиллов и каротиноидов определяли на спектрофотометре LEKI мод. SS2107 (MEDIORA OY, Финляндия) при $\lambda = 663, 644, 432$ нм (красный светофильтр), экстрагируя их 80-процентным ацетоном согласно методике (Lichtenthaler, 1987).

В таблицах и на рисунках данные представлены в виде среднеарифметических значений и их стандартных отклонений (\pm). Обработку данных проводили статистическими методами с использованием программы Microsoft Excel 2013. О достоверности различий судили с помощью критерия Стьюдента при $p \leq 0,05$.

Результаты

Водный режим

Оводненность листьев снижалась в течение лета в зависимости от фенофазы. В июне 2023–2024 гг., когда все сорта находились в фенофазе «цветение», усредненные показатели оводненности листьев составляли 75,07–77,09%. В фенофазу «завязывание и рост ягод», которая

проходила у сверхранних и раннесредних сортов во второй половине июня, а у средних и среднепоздних сортов в первой половине июля, наблюдали снижение оводненности листовых тканей до 71,98–75,01%. По сравнению с фенофазой «цветение» оводненность листьев снизилась на 1,41–3,18% в зависимости от сортовой принадлежности. В фенофазу «созревание ягод», которая проходила у сверхранних сортов в первой половине августа, а у остальных сортов во второй половине августа, наблюдали дальнейшее снижение оводненности листовых тканей до 70,85–73,63%.

В результате чего в фенофазу «созревание ягод» оводненность листьев по сравнению с фенофазой «рост ягод» снизилась на 1,02–3,40% в зависимости от сорта. В итоге за период «цветение – созревание ягод» оводненность листьев снизилась на 2,79–5,52% в зависимости от сорта (табл. 3).

Чем ниже показатель водопотерь при завядании, тем выше водоудерживающая способность листьев и, следовательно, устойчивость растений к засухе. В период 2023–2024 гг. водопотери увеличивались с ростом температуры, снижением влажности воздуха и количества выпавших осадков. В 2023 г. водопотери увеличивались в течение лета и в июне составляли 12,34–18,23%; в июле – 13,56–20,56%; в августе – 14,35–23,82% в зависимости от

Таблица 3. Оводненность (%) листьев в летний период 2023–2024 гг.

Table 3. Water content (%) in grapevine leaves in the summers of 2023–2024

Сорт / Cultivar	Цветение / Flowering	Завязывание и рост ягод / Setting and growth of berries	Созревание ягод / Ripening of berries
‘Кристалл’	76,42 ± 2,8	75,01 ± 3,4	73,63 ± 2,9
‘Достойный’	75,16 ± 4,5	71,98 ± 1,5	70,96 ± 3,7
‘Красностоп АЗОС’	76,97 ± 2,5	74,57 ± 1,6	73,28 ± 3,4
‘Восторг’	75,07 ± 3,8	73,58 ± 3,1	71,12 ± 1,8
‘Алиготе’	76,37 ± 4,1	74,25 ± 2,2	70,85 ± 2,1
‘Зариф’	77,09 ± 3,5	74,89 ± 3,4	73,36 ± 2,6

Примечание: различия между сортами достоверны при $p \leq 0,05$

Note: differences between the cultivars are significant at $p \leq 0.05$

Таблица 4. Водопотери листьев после 2 часов завядания (%)

Table 4. Water loss in leaves after 2 hours of wilting (%)

Сорт / Cultivar	Июнь / June		Июль / July		Август / August	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024
‘Кристалл’	18,23 ± 2,1	19,51 ± 1,2	20,56 ± 2,7	22,34 ± 3,1	23,81 ± 2,2	21,35 ± 0,9
‘Достойный’	16,32 ± 2,5	18,24 ± 2,7	19,20 ± 4,8	21,34 ± 5,2	22,54 ± 3,8	20,38 ± 2,7
‘Красностоп АЗОС’	13,54 ± 1,8	12,53 ± 2,4	14,82 ± 1,2	14,56 ± 2,8	15,21 ± 2,7	13,52 ± 1,9
‘Восторг’	17,25 ± 2,7	19,61 ± 3,5	20,37 ± 3,2	21,54 ± 5,2	23,82 ± 1,9	20,84 ± 3,4
‘Алиготе’	12,34 ± 3,2	13,24 ± 4,5	13,56 ± 1,6	15,54 ± 3,6	14,35 ± 2,8	14,01 ± 5,1
‘Зариф’	16,34 ± 4,2	18,42 ± 6,1	20,34 ± 0,9	20,54 ± 1,5	22,08 ± 3,4	19,17 ± 2,7

Примечание: различия между сортами достоверны при $p \leq 0,05$

Note: differences between the cultivars are significant at $p \leq 0.05$

сорта (табл. 4). В 2024 г. водопотери в июле увеличивались по сравнению с июнем, а в связи с тем, что август был менее жарким и не засушливым, в августе уменьшались. В июне они составляли 12,53–19,61%; в июле – 14,56–22,34%; в августе – 13,52–21,35% в зависимости от сорта.

Пигментный состав

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях дает ценную информацию о физиологическом состоянии растений. Сумма хлорофиллов ($a + b$) увеличивалась в течение лета и зависела от фенофазы. Усредненные показатели суммы хлорофиллов ($a + b$) в листьях в фазу цветения 2023–2024 гг. составляли 2,41–3,09 мг/г сырой массы в зависимости от сорта (рис. 1).

ния каротиноидов в листовых тканях до 0,81–0,95 мг/г сырой массы. В фенофазу «созревание ягод» по сравнению с фенофазой «завязывание и рост ягод» отмечали дальнейшее повышение каротиноидов до 0,81–1,00 мг/г сырой массы в зависимости от сорта. В итоге за период активной вегетации содержание каротиноидов в листьях увеличилось на 8,00–12,34% в зависимости от сорта (см. рис. 2). В связи с ростом содержания каротиноидов в листьях в течение лета наблюдалась тенденция к уменьшению отношения «хлорофиллы / каротиноиды». В фенофазу «цветение» наблюдались максимальные значения отношения «хлорофиллы / каротиноиды» (3,25–4,11). В фенофазу «созревание ягод» наблюдались минимальные значения отношения «хлорофиллы / каротиноиды» (2,93–3,58) в зависимости от сорта (рис. 3).

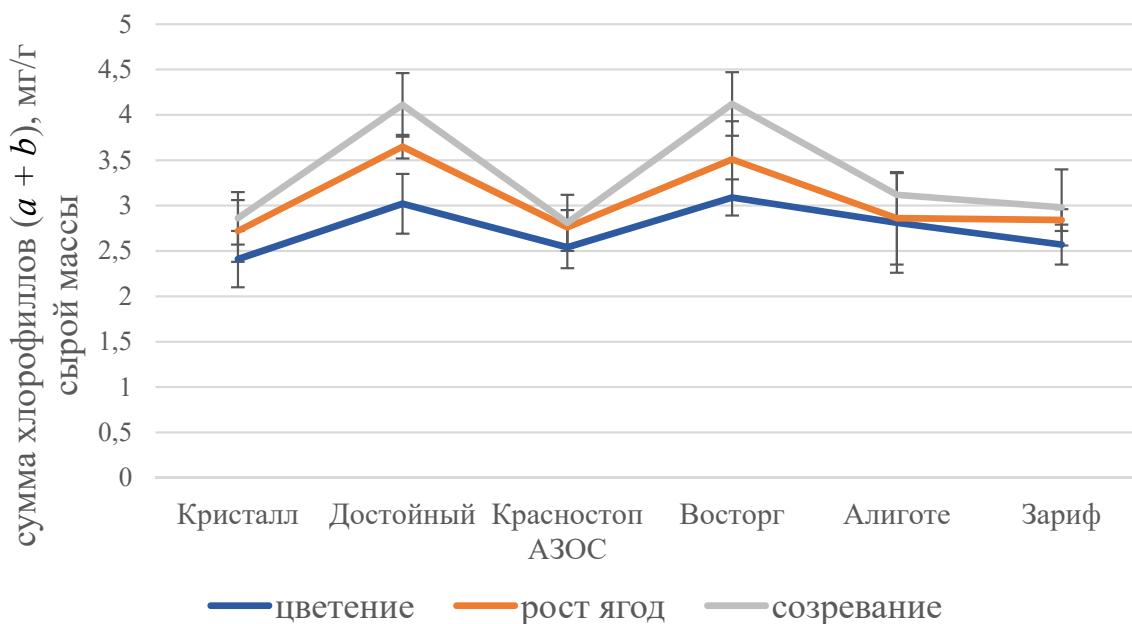


Рис. 1. Динамика содержания суммы хлорофиллов в листьях винограда в летний период 2023–2024 гг.
(различия между сортами достоверны при $p \leq 0,05$)

Fig. 1. Dynamics of chlorophyll content in grapevine leaves in the summers of 2023–2024
(differences between the cultivars are significant at $p \leq 0.05$)

В фенофазу «завязывание и рост ягод» отмечали повышение суммы хлорофиллов ($a + b$) в листовых тканях до 2,72–3,65 мг/г сырой массы в зависимости от сорта. По сравнению с фенофазой «цветение» в фенофазу «завязывание и рост ягод» сумма хлорофиллов ($a + b$) увеличилась на 11,39–15,34%. В фенофазу «созревание ягод» отмечали дальнейшее повышение суммы хлорофиллов ($a + b$) до 2,81–4,12 мг/г сырой массы. По сравнению с фенофазой «завязывание и рост ягод» в фенофазу «созревание ягод» сумма хлорофиллов ($a + b$) увеличилась на 3,20–11,40% в зависимости от сорта. В итоге за период активной вегетации сумма хлорофиллов ($a + b$) в листьях увеличилась на 22,00–31,79% в зависимости от сорта (см. рис. 1).

Общее количество каротиноидов постепенно накапливалось в течение лета. Усредненные показатели содержания каротиноидов в листьях в фенофазу «цветение» в 2023–2024 гг. составляли 0,71–0,92 мг/г сырой массы в зависимости от сорта (рис. 2).

В фенофазу «завязывание и рост ягод» по сравнению с фенофазой «цветение» отмечали повышение содержа-

Обсуждение результатов

Водный режим

Поддержание водного баланса виноградной лозы имеет важное значение для ее роста и развития. При избыточном увлажнении наблюдается чрезмерный рост побегов, созревание ягод запаздывает и снижается их качество. Сильный водный стресс угнетает фотосинтез, замедляет созревание ягод и накопление в них сахара. Так, в период цветения и формирования ягод критическими считаются осадки менее 45–80 мм. Умеренный дефицит воды в нужное время может снизить вегетативный рост и помочь кустам винограда достичь надлежащего баланса между вегетативным ростом, урожайностью и качеством ягод.

Общее содержание воды в различных органах виноградного куста (листья, побеги, усики, кисти, ягоды, проводящие и всасывающие корни, ствол, рукава) различно. По литературным данным, оводненность листьев винограда варьирует от 70% до 85%, зависит от возраста, месторасположения на растении, фенологической фазы,

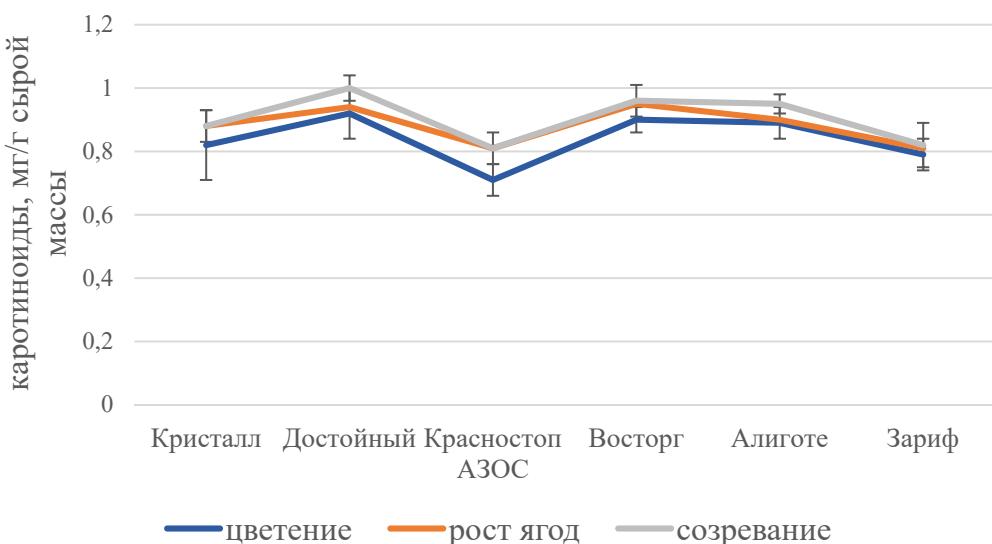
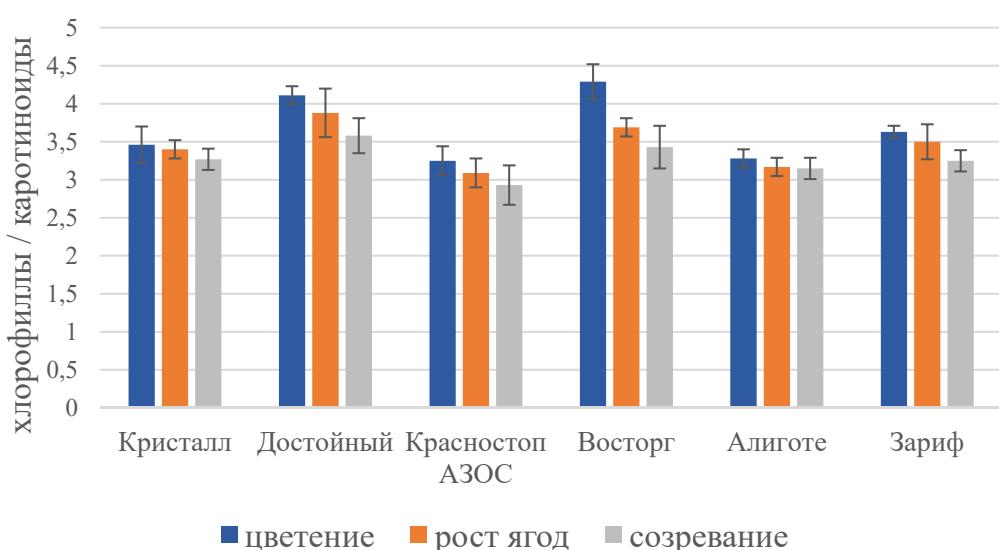


Рис. 2. Динамика содержания каротиноидов в листьях винограда в летний период 2023–2024 гг.
(различия между сортами достоверны при $p \leq 0,05$)

Fig. 2. Dynamics of carotenoid content in grapevine leaves in the summers of 2023–2024
(differences between the cultivars are significant at $p \leq 0.05$)



На столбиках отмечены средние значения и ошибки средних. Различия между сортами достоверны при $p \leq 0,05$ /
The bars indicate the mean values and errors of the mean. Differences between the cultivars are significant at $p \leq 0.05$

Рис. 3. Отношение «хлорофиллы / каротиноиды» в листьях винограда в летний период 2023–2024 гг.

Fig. 3. Chlorophyll/carotenoid ratio in grapevine leaves in the summers of 2023–2024

агротехники и факторов окружающей среды (Cataldo et al., 2022; Lehr et al., 2022; Candar et al., 2023).

В наших исследованиях в период «цветение – созревание ягод» оводненность листьев варьировала от 70,85 до 77,09% (см. табл. 2). По мере завязывания и созревания ягод в течение лета происходило снижение оводненности листовых тканей с 75,07 до 73,63% в зависимости от сорта и фенофазы. В общем, к концу лета оводненность листовых тканей снизилась на 2,79–5,52% в зависимости от сорта. В меньшей степени оводненность снизилась у 'Кристалла' (на 2,79%), в большей степени – у 'Алиготе' (на 5,52%).

Снижение оводненности листовых тканей – закономерность, присущая виноградному растению, свя-

занная с продукционным процессом, следствием которого является накопление сухих веществ. По данным R. V. Filimon et al. (2016), оводненность листьев столовых сортов винограда в течение годичного цикла снижалась на 18–24%, а в период «цветение – созревание ягод» – на 3,00–5,44%, что согласуется с полученными нами данными. В аридных условиях Астраханской области листья винограда сохраняли высокую оводненность – 68,1–76,4%, а водопотери у засухоустойчивых сортов составляли 17,2–18,3% в отличие от неустойчивых, у которых они достигали 30,5% (Polutukhina, 2023).

Высокая водоудерживающая способность листьев является одним из показателей засухоустойчивости расте-

ний. Предыдущими исследованиями показано, что виноградное растение обладает совершенной системой регуляции водного режима благодаря высокой сосущей силе корней, обусловленной высоким осмотическим давлением. У винограда содержание воды в листьях варьирует в очень небольших пределах, относительная тurgесцентность их, как правило, выше 90%, а наблюдаемый водный дефицит составляет 2–5%. Расход воды на транспирацию зависит от температуры окружающей среды, влажности воздуха и содержания влаги в почве (Lehr et al., 2022; Candar et al., 2023).

В проведенных нами исследованиях водопотери зависели от метеорологических условий летнего периода. Так, в 2023 г. в течение лета водопотери у всех сортов увеличивались в соответствии с повышением температуры, снижением влажности воздуха и уменьшением количества осадков. В июне они составляли 12,34–18,23%; в июле водопотери увеличивались по сравнению с июнем на 1,22–2,33% и составляли 13,56–20,56%; в августе водопотери увеличились по сравнению с июлем на 0,79–3,26% и составляли 14,35–23,82% в зависимости от сорта. В июне 2024 г. водопотери составляли 12,53–19,61% в зависимости от сорта; в июле они увеличивались по сравнению с июнем на 2,03–2,73% и составляли 14,56–22,34%. Август 2024 г. был менее жарким и не засушливым по сравнению с августом 2023 г. В связи с этим водопотери в августе уменьшались по сравнению с июлем на 1,04–0,99% и составляли 13,52–21,35% в зависимости от сорта. В оба года исследований за летний период 2023 и 2024 г. у 'Красностопа АЗОС' и 'Алиготе' водопотери были меньше, чем у других изучаемых сортов, что свидетельствует об их повышенной засухоустойчивости. В течение лета у 'Красностопа АЗОС' и 'Алиготе' водопотери варьировали от 12,34 до 15,54%, в отличие от других изучаемых сортов, у которых этот показатель варьировал в пределах 16,32–23,82% (см. табл. 4).

Пигменты

Для процесса фотосинтеза большое значение имеют зрелость листа и быстрый отток ассимилятов из него. Листовая пластинка растет в среднем 4–5 недель. Достигнув 30% своей величины, листья уже способны отдавать другим органам часть выработанных ассимилятов. Ко времени цветения более 50% листьев достигает максимальной величины, что увеличивает продуктивность листовой поверхности побега и куста в целом. Наиболее интенсивно фотосинтез протекает при температуре воздуха от +28 до +30°C. При снижении температуры фотосинтез ослабляется, а при температуре ниже +6°C прекращается. В нормальных условиях для максимальной интенсивности фотосинтеза достаточно освещенности 50 000–60 000 люкс, а в условиях засухи необходима освещенность 60 000–90 000 люкс (Filimon et al., 2016).

В наших исследованиях сумма хлорофиллов ($a + b$) в листьях увеличивалась с 2,41–3,09 мг/г сырой массы в фенофазу «цветение» до 2,81–4,12 мг/г сырой массы в фенофазу «созревание ягод» в зависимости от сорта (см. рис. 1). Эти данные сопоставимы с данными большинства исследователей, изучавших пигментный состав листьев винограда в различных почвенно-климатических условиях. По данным R. V. Filimon et al. (2016), максимальное содержание хлорофилла в листьях отмечается в фенофазу «созревание ягод» и доходит до 4,28 мг/г сырой массы. Далее, после фенофазы «созревание ягод» до физиологической зрелости, содержание

хлорофилла снижается, а к концу вегетационного периода достигает минимальных значений – до 1,06 мг/г сырой массы.

В то время как происходит уменьшение синтеза хлорофилла, увеличивается синтез каротиноидов – других важных фотосинтетических пигментов. Их важная функция – фотопротекторная: они защищают фотосинтетический аппарат от фотоокисления при очень высокой освещенности, а также обладают антиоксидантным действием. Известно, что каротиноиды накапливаются в фотосинтезирующих тканях не только в ответ на избыточное освещение, но и в ответ на другие стрессы, такие как засуха, высокие и низкие температуры (Biasi et al., 2019; Sun et al., 2023).

В наших исследованиях содержание каротиноидов увеличивалось с 0,71–0,92 мг/г сырой массы в фенофазу «цветение» до 0,81–1,00 мг/г сырой массы в фенофазу «созревание ягод» в зависимости от сорта (см. рис. 2). Эти данные сопоставимы с полученными нами ранее (Kiseleva et al., 2022). По данным R. V. Filimon et al. (2016), накопление каротиноидов продолжалось и после созревания винограда, достигая значений 1,13 мг/г сырой массы. Это происходило одновременно с деградацией хлорофилла, сопровождавшейся появлением желтых тканей листа. Содержание каротиноидов снижалось только во время листопада.

В течение лета по мере увеличения содержания каротиноидов в листьях винограда уменьшалось отношение «хлорофиллы / каротиноиды», которое варьировало в диапазоне 3,15–4,11. Изменение отношения «хлорофиллы / каротиноиды» – важный показатель, он может быть хорошим индикатором старения листа, стресса, а также отражает адаптивные изменения пигментного состава листа к инсоляции, уровень которой зависит от географической широты произрастания. По литературным данным, отношение «хлорофиллы / каротиноиды» снижалось с 5,6 до 3,5 в листьях степных растений вдоль широтного градиента от южной степи до лесостепи на Южном Урале (Yudina et al., 2017).

Результаты наших анализов показывают, что отношение «хлорофиллы / каротиноиды» у сортов 'Красностоп АЗОС' и 'Алиготе' имело минимальные значения за счет большого содержания каротиноидов по сравнению с другими изучаемыми сортами. Так, в фенофазу «созревание ягод» они снижались до 2,93 и 3,15 соответственно, в то время как у других изучаемых сортов в это время они снижались до 3,25–3,58. Следовательно, их можно признать наиболее устойчивыми к высокой температуре, засухе и высокой инсоляции в условиях Анапо-Таманской зоны Краснодарского края.

Заключение

Для изученных сортов винограда различного эколого-географического происхождения значительные климатические изменения последних десятилетий (повышенные температуры и недостаток осадков) в Анапо-Таманской зоне Краснодарского края не критичны для поддержания физиологической активности фотосинтезирующих тканей и органов. Лист растений адекватно реагирует на изменения факторов внешней среды.

Изучение водного режима листьев выявило у сортов 'Красностоп АЗОС' и 'Алиготе' меньше водопотерь в летний вегетационный период: 12,34–15,54%. В то же время у сортов 'Кристалл', 'Достойный', 'Восторг', 'Зариф' этот показатель составлял 16,32–23,82%.

Изучение содержания фотосинтетических пигментов показало, что у сортов 'Красностоп АЗОС' и 'Алиготе' отмечена наибольшая доля каротиноидов в пигментном составе листа, обуславливающих устойчивость к засухе. К концу лета у этих сортов отношение «хлорофиллы / каротиноиды» достигало минимальных значений – до 2,93 и 3,15. В то же время у 'Кристалла', 'Достойного', 'Восторга', 'Зарифа' этот показатель достигал значений 3,25–3,58.

По полученным предварительным данным, выделившимся в ходе текущего исследования сорта 'Красностоп АЗОС' и 'Алиготе' являются более устойчивыми к жаре и засухе и требуют дальнейшего изучения с целью использования в селекционной работе для создания новых сортов с вероятностью наследования физиологических признаков, обуславливающих засухоустойчивость.

References / Литература

- Biasi R., Brunori E., Ferrara C., Salvati L. Assessing impacts of climate change on phenology and quality traits of *Vitis vinifera* L.: The contribution of local knowledge. *Plants (Basel)*. 2019;8(5):121. DOI: 10.3390/plants8050121
- Candar S., Seçkin G.U., Kizildeniz T., Korkutal İ., Bahar E. Variations of chlorophyll, proline, and abscisic acid (ABA) contents in grapevines (*Vitis vinifera* L.) under water deficit conditions. *Erwerbs-Obstbau*. 2023;65(6):1965-1977. DOI: 10.1007/s10341-023-00875-y
- Cataldo E., Fucile M., Mattii G.B. Leaf eco-physiological profile and berries technological traits on potted *Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir subordinated to zeolite treatments under drought stress. *Plants (Basel)*. 2022;11(13):1735. DOI: 10.3390/plants11131735
- Filimon R.V., Rotaru L., Filimon R.M. Quantitative investigation of leaf photosynthetic pigments during annual biological cycle of *Vitis vinifera* L. table grape cultivars. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 2016;37(1):1-14. DOI: 10.21548/37-1-753
- Kiseleva G.K., Il'ina I.A., Zaporozhets N.M., Sokolova V.V. Adaptability resistance of grapes to stress conditions of summer period. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2022;(3):35-38. [in Russian] (Киселева Г.К., Ильина И.А., Запорожец Н.М., Соколова В.В. Адаптационная устойчивость винограда к стрессовым условиям летнего периода. *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. 2022;(3):35-38). DOI: 10.30850/vrsn/2022/3/35-38
- Kushnirenko M.D. Physiology of water exchange and drought resistance of fruit plants (Fiziologiya vodoobmena i zasukhoustoychivosti plodovykh rasteniy). Chisinau: Štiința; 1975. [in Russian] (Кушниренко М.Д. Физиология водобмена и засухоустойчивости плодовых растений. Кишинев: Штиинца; 1975).
- Lehr P.P., Hernández-Montes E., Ludwig-Müller J., Keller M., Zörb C. Abscisic acid and proline are not equivalent markers for heat, drought and combined stress in grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2022;28(1):119-130. DOI: 10.1111/ajgw.12523
- Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*. 1987;148:350-382. DOI: 10.1016/0076-6879(87)48036-1
- Ozgerelieva Z.E., Krasova N.G., Galasheva A.M. Water regime change in apple leaves during vegetation. *Contemporary Horticulture*. 2015;1(13):87-92. [in Russian] (Ожерельева З.Е., Красова Н.Г., Галашева А.М. Изменение водного режима листьев яблони в течение вегетации. *Современное садоводство*. 2015;1(13):87-92).
- Panfilova O.V., Golyaeva O.D. Physiological features of red currant varieties and selected seedling adaptation to drought and high temperature. *Agricultural Biology*. 2017;52(5):1056-1064. [in Russian] (Панфилова О.В., Голяева О.Д. Физиологические особенности адаптации сортов и отборных форм смородины красной к засухе и повышенным температурам. *Сельскохозяйственная биология*. 2017;52(5):1056-1064). DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.1056rus
- Petrov V.S., Marmorstein A.A., Lukyanova A.A. Adaptive phenological response of introduced grape varieties *Occidentalis C. Negr.* on changes in weather and climatic conditions in the South of Russia. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2022;73(1):62-76. [in Russian] (Петров В.С., Марморштейн А.А., Лукьянова А.А. Адаптивная фенологическая реакция интродуцированных сортов винограда *Occidentalis C. Negr.* на изменения погодно-климатических условий Юга России. *Плодо-водство и виноградарство Юга России*. 2022;73(1):62-76). DOI: 10.30679/2219-5335-2022-1-73-62-76
- Polukhina E.V. Adaptive capabilities seedless grape varieties in a sharply continental climate. *The Agrarian Scientific Journal*. 2023;(10):54-59. [in Russian] (Полухина Е.В. Адаптационные возможности бессемянных сортов винограда в условиях резко континентального климата. *Аграрный научный журнал*. 2023;(10):54-59). DOI: 10.28983/asj.y2023i10pp54-59
- Rosstat. Areas, gross harvests, and yield of perennial plantings in the Russian Federation in 2023 (Ploshchadi, valovoy sbor i urozhaynost mnogoletnikh nasazhdeleniy v Rossiskoy Federatsii v 2023 godu): [website]. [in Russian] (Росстат. Площади, валовой сбор и урожайность многолетних насаждений в Российской Федерации в 2023 году: [сайт]). URL: <https://rossstat.gov.ru/compendium/document/13277> [дата обращения: 12.09.2024].
- Ryndin A.V., Belous O.G., Malyarovskaya V.I., Pritula Z.V., Abilfazova Yu.S., Kozhevnikova A.M. Physiological and biochemical approaches in studying adaptation mechanisms of subtropical, fruit and ornamental crops grown in Russian subtropics. *Agricultural Biology*. 2014;49(3):40-48. [in Russian] (Рындин А.В., Белоус О.Г., Малыровская В.И., Притула З.В., Абильфазова Ю.С., Кожевникова А.М. Использование физиологического-биохимических методов для выявления механизмов адаптации субтропических, южных плодовых и декоративных культур в условиях субтропиков России. *Сельскохозяйственная биология*. 2014;49(3):40-48).
- Somkuwar R.G., Kakade P.B., Jadhav A.S., Ausari P.K., Nikumbhe P.H., Deshmukh N.A. Leaf area index, photosynthesis and chlorophyll content influences yield and quality of Nanasabe Purple Seedless grapes under semi-arid condition. *Journal of Scientific Research and Reports*. 2024;30(9):750-758. DOI: 10.9734/jsrr/2024/v30i92402
- Sun T., Wang P., Rao S., Zhou X., Wrightstone E., Lu S. et al. Co-chaperoning of chlorophyll and carotenoid biosynthesis by ORANGE family proteins in plants. *Molecular Plant*. 2023;16(6):1048-1065. DOI: 10.1016/j.molp.2023.05.006
- Wang Z., Li G., Sun H., Ma L., Guo Y., Zhao Z. et al. Effects of drought stress on photosynthesis and photosynthetic electron transport chain in young apple tree leaves. *Biology Open*. 2018;7(11):bio035279. DOI: 10.1242/bio.035279
- Yudina P.K., Ivanova L.A., Ronzhina D.A., Zolotareva N.V., Ivanov L.A. Variation of leaf traits and pigment content in three species of steppe plants depending on the climate aridity. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2017;64(3):410-422. DOI: 10.1134/S1021443717020145

Информация об авторах

Галина Константиновна Киселева, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, 350901 Россия, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39, galina-kiseleva-1960@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7583-1261>

Ирина Анатольевна Ильина, доктор технических наук, заместитель директора по науке, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, 350901 Россия, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39, kubansad@kubannet.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4615-3331>

Наталья Михайловна Запорожец, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, 350901 Россия, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39, nat_zaporozhiec@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5932-5526>

Анна Александровна Хохлова, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, 350901 Россия, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39, anemona2009@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6047-2040>

Information about the authors

Galina K. Kiseleva, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, 39 40 let Pobedy St., Krasnodar 350901, Russia, galina-kiseleva-1960@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7583-1261>

Irina A. Ilina, Dr. Sci. (Engineering), Deputy Director for Science, North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, 39 40 let Pobedy St., Krasnodar 350901, Russia, kubansad@kubannet.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4615-3331>

Natalia M. Zaporozhets, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, 39 40 let Pobedy St., Krasnodar 350901, Russia, nat_zaporozhiec@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5932-5526>

Anna A. Khokhlova, Cand. Sci. (Biology), Researcher, North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, 39 40 let Pobedy St., Krasnodar 350901, Russia, anemona2009@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6047-2040>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 07.04.2025; одобрена после рецензирования 18.09.2025; принятая к публикации 08.10.2025.
The article was submitted on 07.04.2025; approved after reviewing on 18.09.2025; accepted for publication on 08.10.2025.