

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-5-997

УДК 551.582:634.8.07:57.013



Научная статья

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВИНОГРАДА КРАСНЫХ СОРТОВ

*С.Н. Червяк, Е.А. Рыбалко,
В.А. Олейникова, М.В. Ермихина*

Тепло- и влагообеспеченность являются ключевыми климатическими параметрами, определяющими возможность и эффективность выращивания сельскохозяйственных культур, в том числе винограда. Изменение климата обуславливает значительную неопределенность не только в отношении потенциальных адаптационных возможностей виноградных растений, но и перспектив развития виноградарства в целом.

Ещё большее значение эта проблема приобретает в условиях глобального изменения климата, поскольку данный процесс может приводить к смещению ареалов качественного виноградарства и виноделия

Исследование закономерностей влияния климатических факторов на продуктивность виноградных насаждений и качественные характеристики сырья и конечной продукции позволят оптимизировать эффективность использования природных ресурсов и снизить негативное влияние климатических изменений на сельскохозяйственное производство.

Цель – изучение влияния климатических факторов на биохимические и физико-химические показатели винограда красных сортов.

Материалы и методы. Объектом исследования служил виноград красных сортов Бастардо магарачский и Каберне Совиньон, произрастающий в разных в виноградо-винодельческих районах Крыма. В качестве климатических индексов, характеризующих тепло- и влагообеспеченность территории, использовали сумму осадков с начала вегетационного периода до сбора урожая, сумму осадков за последний месяц до сбора урожая, гидротермический коэффициент Селянинова, а также сумму активных температур выше 10 °С ($\sum T^{\circ}C10$), гелиотермический индекс Хуглина (HI), индекс Уинклера (WI), среднюю температуру воздуха с начала вегетационного периода до сбора урожая (tвег), среднюю температура воздуха за последний месяц до сбора

урожая ($t_{мес}$), индекс холодных ночей (CI). Для оценки углеводно-кислотного комплекса винограда применяли показатели: массовая концентрация сахаров, титруемых кислот, яблочной кислоты.

Результаты и заключение. Проведена оценка распределения климатических факторов, характеризующих различные виноградо-винодельческие районы Крыма, а также их влияния на качественные характеристики сырья. Установлено, что Горно-долинно-приморский и Горно-долинный виноградо-винодельческие районы характеризуются более высокими значениями индексов Уинклера и Хуглина (на 354-435 и 97-124 единиц соответственно), чем Крымский западно-приморский предгорный район и г. Севастополь. Аналогичная тенденция отмечена и в отношении показателей $t_{мес}$, $t_{вег}$ и CI . Установлена линейная зависимость массовой концентрации сахаров в ягоде от уровня теплообеспеченности региона произрастания винограда за вегетационный период ($r_{wi} = 0,73$). Установлено корреляционную зависимость между $P_{вег}$ и массовой концентрацией яблочной кислоты в ягоде ($r = 0,88-0,9$). Установленные закономерности позволят энологам на основании метеоданных прогнозировать качественные показатели будущего урожая и заблаговременно планировать технологические аспекты переработки винограда для получения винопродукции высокого качества.

Ключевые слова: виноград; теплообеспеченность; влагообеспеченность; виноградо-винодельческий район; гидротермический коэффициент; индекс холодных ночей; яблочная кислота

Для цитирования. Червяк С.Н., Рыбалко Е.А., Олейникова В.А., Ермихина М.В. Оценка влияния климатических факторов на показатели качества винограда красных сортов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, №5. С. 367-386. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-5-997

Original article

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF CLIMATIC FACTORS ON THE INDICATORS OF RED GRAPE VARIETIES

E.A. Rybalko, S.N. Cherviak, V.A. Oleinikova, M.V. Ermikhina

Heat and moisture supply are key climatic parameters to determine the possibility and efficiency of growing crops including grapes. Climate change causes a

significant uncertainty not only in potential adaptive capabilities of grape plants, but also in the prospects of viticulture development in general.

This problem assumes a greater importance in the context of global climate change, since this process can lead to a shift in the areas of high-quality viticulture and winemaking.

Studying the patterns of influence of climatic factors on the productivity of vineyards and quality characteristics of raw materials, as well as final products will allow optimizing the efficiency of using natural resources, and reducing the negative impact of climate change on agricultural production.

The goal of the work is to study the effect of climatic factors on biochemical and physicochemical indicators of red grape varieties.

Materials and methods. *The objects of the study were red grape varieties 'Bastardo Magarachskiy' and 'Cabernet Sauvignon', growing in different viticulture and winemaking region of Crimea. As climatic indices characterizing the heat and moisture supply of the territory, we used the total amount of precipitation from the beginning of growing season until harvest, the total amount of precipitation for the last month before harvest, hydrothermal coefficient of Selyaninov, as well as the sum of active temperatures above 10 °C ($\sum T^{\circ}C10$), Huglin heliothermal index (HI), Winkler index (WI), average air temperature from the growing season beginning until harvest (t_{gr}), average air temperature for the last month before harvest (t_{month}), cool night index (CI). To assess the carbohydrate-acid complex of grapes, the following indicators were used: mass concentration of sugars, titratable acids and malic acid.*

Results and conclusion. *Distribution of climatic factors characterizing different viticulture and winemaking regions of Crimea, as well as their effect on the quality characteristics of raw materials were assessed. It was established that the Mountain Valley Coastal and Mountain Valley viticulture and winemaking regions were characterized by higher values of Winkler and Huglin indices (by 354-435 and 97-124 units, respectively), than the Crimean Western Coastal Piedmont region and the city of Sevastopol. A similar tendency was observed for the indicators t_{month} , t_{gr} and CI. A linear dependence of the mass concentration of sugars in a berry on the level of heat supply in the region during growing season was established ($r_{wi} = 0.73$). A correlation was estimated between P_{gr} and the mass concentration of malic acid in a berry ($r = 0.88-0.9$). Based on the meteorological data, the patterns established will allow oenologists to estimate quality indicators of further harvest, and plan in advance technological aspects of grape processing in order to obtain high-quality wine products.*

Keywords: *grapes; heat supply; moisture supply; viticulture and winemaking region; hydrothermal coefficient; cool night index; malic acid*

For citation. Rybalko E.A., Cherviakov S.N., Oleinikova V.A., Ermikhina M.V. Assessment of the Effect of Climatic Factors on the Indicators of Red Grape Varieties. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2024, vol. 16, no. 5, pp. 367-386. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-5-997

Введение

Тепло- и влагообеспеченность являются ключевыми климатическими параметрами, определяющими возможность и эффективность выращивания сельскохозяйственных культур, в том числе винограда [5; 26; 32; 35; 37]. Высокая урожайность виноградных насаждений и качество получаемой продукции возможны только при соответствии биологических требований винограда условиям среды произрастания. При этом важно выявить наиболее значимые для формирования качественных характеристик винограда климатические параметры или их производные – индексы [2; 8; 25].

Одним из основных показателей, характеризующих климатические условия возделывания винограда, является сумма активных температур выше 10 °С, при которой виноград вступает в фазу начала сокодвижения («биологический ноль»). Значение показателя в зависимости от сортовых особенностей винограда и сроков созревания может варьировать от 2200 до 3000 °С и более [2]. Процесс формирования качественных характеристик урожая во многом зависит от температуры за месяц до сбора урожая, когда наблюдается лучшая ассимиляция углерода листьями и происходит накопление сахаров и снижение содержания органических кислот. Для роста и созревания ягод температура окружающей среды должна составлять не менее 20 °С. В то же время при температуре выше 35–40 °С снижается интенсивность обменных процессов в винограде из-за уменьшения ассимиляции углерода и усиления дыхания. Оптимальной годовой суммой осадков, необходимой для виноградного растения, считается 700-800 мм [2].

Научные проблемы, рассматриваемые в данном исследовании, продиктованы изменением климата планетарного масштаба, проявляющимся в повышении среднегодовых температур, резких перепадах между зимними и летними температурами и дефиците влаги. Так, на территории Крымского полуострова наблюдается существенное повышение суммы активных температур свыше 10 °С – на 567 °С за последние 33 года. Сохранение данной тенденции приведет к тому, что к 2050 г. площадь полуострова с суммарной активной температурой более 3900°С увеличится в 125 раз по отношению к 2018 г. [6].

Изменение температурных факторов приводит к трансформации в метаболизме виноградных растений, в первую очередь – несоответствию в

формировании компонентов фенольных комплексов в ягодах (задержке их образования) по отношению к накоплению сахаров в период созревания винограда [13; 17; 18; 28; 29; 31; 34]. Это обуславливает снижение качества красных сухих вин ввиду снижения интенсивности их окраски и полноты вкуса.

Сегодня адаптация растений к изменению климата является серьезной проблемой в связи с растущим дефицитом воды во многих регионах мира [10; 15; 21; 24; 32]. Изменение климата обуславливает значительную неопределенность не только в отношении потенциальных адаптационных возможностей виноградных растений, но и перспектив развития виноградарства в целом [11; 12; 14; 19; 20; 23; 27; 35; 36].

Ещё большее значение эта проблема приобретает в условиях глобального изменения климата, поскольку данный процесс может приводить к смещению ареалов качественного виноградарства и виноделия [6].

Исследование закономерностей влияния климатических факторов на продуктивность виноградных насаждений и качественные характеристики сырья и конечной продукции позволят оптимизировать эффективность использования природных ресурсов и снизить негативное влияние климатических изменений на сельскохозяйственное производство.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлся виноград красных сортов (Каберне Совиньон и Бастардо магарачский), произрастающий в разных виноградо-винодельческих районах Крыма: Крымском западно-приморском предгорном, Горно-долинном, Горно-долинно-приморском, а также Севастополе. Исследования проводили в сезон виноделия 2023 г. Выборка составила более 100 образцов винограда.

Для выявления влияния агроклиматических факторов на качественные показатели сырья для винодельческой продукции были отобраны следующие параметры: сумма активных температур выше 10 °C ($\sum T^{>10}$), гелиотермический индекс Хуглина (HI), индекс Уинклера (WI), средняя температура воздуха с начала вегетационного периода до сбора урожая ($t_{\text{вег}}$), средняя температура воздуха за последний месяц до сбора урожая ($t_{\text{мес}}$), сумма осадков с начала вегетационного периода до сбора урожая ($P_{\text{вег}}$), сумма осадков за последний месяц до сбора урожая ($P_{\text{мес}}$), гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), индекс холодных ночей (CI) [1; 4; 5; 33].

Для расчёта агроклиматических параметров на анализируемых участках использован метод нелинейной интерполяции данных стационарных

метеостанций на основании авторских математических моделей, учитывающих особенности рельефа, географические и гидрологические параметры анализируемой территории и их влияние на пространственное распределение агроклиматических факторов [16].

Для анализа рельефа анализируемой территории использована цифровая модель рельефа SRTM-3 с пространственным разрешением 3 угловые секунды.

Для аналитической оценки в период промышленного сбора пробы винограда отбирали в количестве не менее 10 кг. Исследование винограда проводили по следующим физико-химическим показателям: массовая концентрация сахаров, титруемых кислот, значение pH, профиль органических кислот [7].

Экспериментальные данные обрабатывали с помощью общепринятых методов математической статистики с использованием программного пакета IBM SPSS Statistics (v 17.0), Microsoft Excel. Все исследования выполнялись в трех повторностях. Вычисление парных корреляций между показателями осуществляли для уровня значимости 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе исследований были проанализированы данные метеорологических условий возделывания винограда, а также рассчитаны климатические факторы, характеризующие температурные режимы и уровень влагообеспеченности различных виноградо-винодельческих районов в период вегетации (на дату сбора урожая) и за последний месяц до момента сбора урожая. Полученные результаты представлены в таблице 1 и 2.

Сбор урожая независимо от места произрастания винограда начинался 12-14 сентября. Согласно литературным данным, продолжительность продукционного периода (от распускания почек до полной зрелости ягод) исследуемых сортов винограда (Каберне-Совиньон и Бастардо магарачский) составляет 143-165 дней (в зависимости от направления переработки урожая). В то же время фактические сроки достижения зрелости винограда составили 164-185 дней. Полученные результаты свидетельствуют о том, что данный критерий носит рекомендательный характер и в большей степени зависит от абиотических факторов (температурный режим и уровень влагообеспеченности), которые являются ключевыми переменными, определяющими рост и продуктивность сельскохозяйственных насаждений, а также кондиции винограда.

К моменту сбора урожая Горно-долинный виноградо-винодельческий район характеризовался максимальной суммой активных температур за вегетационный период. Для трех других исследуемых регионов значение показателя не отличалось и составило 3095 °С.

В то же время по значению индексов Хуглина и Уинклера отмечены более существенные различия между регионами. Так величины показателей для Горно-долинно-приморского и Горно-долинного виноградо-винодельческих районов на 354-435 и 97-124 единиц соответственно превышали индексы, определенные для других районов. Аналогичная тенденция отмечена и в отношении показателей $t_{\text{мес}}$, $t_{\text{вег}}$ и CI.

Таблица 1.

Климатические факторы, характеризующие теплообеспеченность территории

Виноградо-винодельческий район Крыма	Дата сбора урожая	$\sum T^{\circ}\text{C}10,^{\circ}\text{C}$	HI	WI	$t_{\text{мес}},^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{вег}},^{\circ}\text{C}$	CI
Горно-долинно-приморский (п. Морское)	14.09.2023	3096	2126	1655	24,98	20,97	21,87
	21.09.2023	3252	2228	1742	23,58	21,02	20,47
	22.09.2023	3273	2241	1753	23,18	21,02	20,07
	02.10.2023	3505	2391	1885	21,68	21,13	18,87
	04.10.2023	3547	2418	1908	21,38	21,13	18,47
	05.10.2023	3565	2429	1916	21,18	21,11	18,27
Горно-долинный (п. Приветное)	14.09.2023	3126	2146	1670	25,38	21,1	22,22
	20.09.2023	3260	2233	1744	24,18	21,14	21,02
Крымский западно-приморский предгорный (п. Угловое)	13.09.2023	3095	1772	1546	22,81	19,52	16,9
	21.09.2023	3255	1875	1624	21,37	19,53	15,62
	29.09.2023	3417	1982	1705	20,04	19,55	14,19
г. Севастополь	12.09.2023	3095	1711	1568	23,09	19,43	17,63
	22.09.2023	3293	1838	1664	21,31	19,44	15,82

Анализ факторов влагообеспеченности, определённых для исследуемых виноградо-винодельческих районов Крыма, свидетельствует о том (табл. 2), что максимальным количеством осадков за вегетационный период и месяц до сбора урожая характеризовался Севастопольский регион. В то же время, по величине $P_{\text{вег}}$ (не превышает 206 мм), а также гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова все исследуемые районы относятся к засушливой или очень засушливой зоне ($\text{ГТК} < 1$) [5, 9, 33].

Таблица 2.

Климатические факторы, характеризующие влагообеспеченность территории

Виноградо-винодельческий район Крыма	$P_{\text{вет}}^{\circ}$ мм	$P_{\text{мес}}^{\circ}$ мм	ГТК	Начало вегетации
Горно-долинно-приморский (п. Морское)	188,9	11,7-12,0	0,53-0,61	03.04.2023
Горно-долинный (п. Приветное)	186,6	12,0	0,57-0,60	03.04.2023
Крымский западно-приморский предгорный (п. Угловое)	196,4	16,4	0,57-0,63	01.04.2023
Севастополь	206	16,9-28,5	0,51-0,92	01.04.2023

Отклик виноградного растения на воздействие климатических факторов в первую очередь проявляется в изменении количественного содержания сахаров – первичных метаболитов растительной клетки [1; 3]. По результатам проведенных исследований углеводно-кислотного комплекса винограда можно заключить, что 92 % исследуемых партий соответствовали требованиям нормативной документации и стадии технической зрелости для промышленной переработки и производства вин и вин ликерных – массовая концентрация сахаров составила 17 г/100 см³ и более (рис. 1). Статистический анализ данных показал, что дисперсия содержания сахаров в винограде на момент сбора урожая в наибольшей степени обусловлена местом произрастания винограда ($\alpha < 0,001$), а также абиотическими факторами ($\alpha = 0,002$). Так, медиана сахаристости винограда для Горно-долинно-приморского и Горно-долинного виноградо-винодельческих районов составила 22,4 и 22,8 г/100 см³ соответственно и превышала значения для других районов на 18-32 %.

Установлена линейная зависимость массовой концентрации сахаров (рис. 2) в ягоде от уровня теплообеспеченности региона произрастания винограда за вегетационный период ($r_{wi} = 0,73$). В то же время зависимость сахаристости винограда от величины индекса Хуглина и показателя суммы активных температур составили 0,72 и 0,66 соответственно.

Массовая концентрация титруемых кислот в исследуемых образцах винограда варьировала в широком диапазоне от 4,1 до 9,0 г/дм³, что обусловлено различными климатическими особенностями районов произрастания винограда, а также сроками сбора урожая.

Важным критерием формирования кислотного комплекса винограда является индекс холодных ночей – показатель, представляющий собой среднее многолетнее значение минимальных температур воздуха в сентябре (в

северном полушарии) или в марте (в южном полушарии) [4]. Установлено, что более низким значениям индекса холодных ночей соответствуют более высокие концентрации титруемых кислот в винограде (рис. 3).

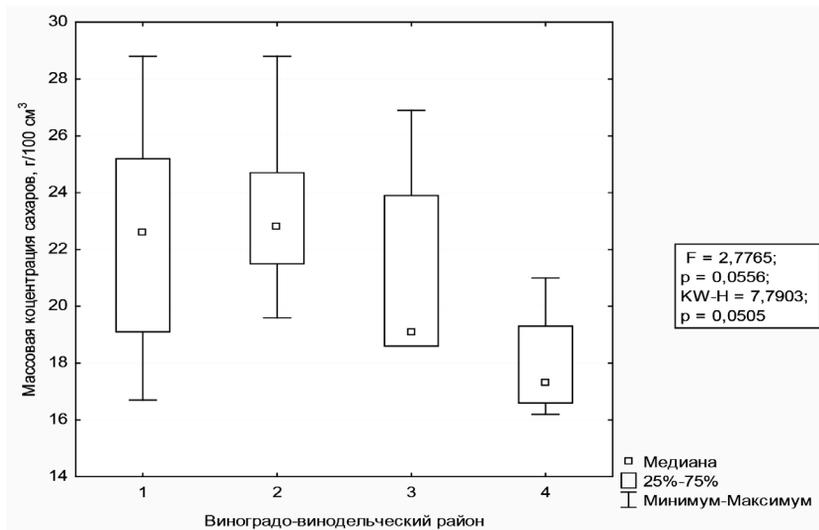


Рис. 1. Диаграмма распределения массовой концентрации сахаров в винограде в зависимости от зоны его произрастания где 1 – Горно-долинно-приморский район, 2 – Горно-долинный район, 3 – Крымский западно-приморский предгорный район, 4 – Севастополь.

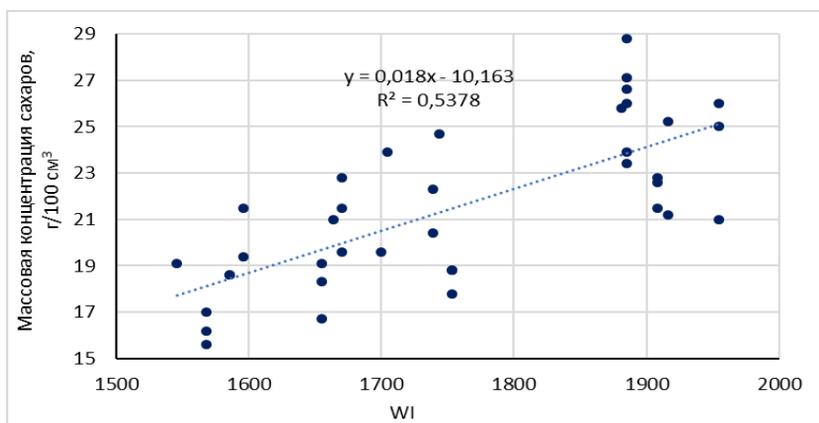


Рис. 2. Влияние индекса Уинклера на сахаронакопление винограда (2023 г.)

Полученные данные свидетельствуют о том, что низкие ночные температуры воздуха в период созревания винограда способствуют замедлению снижения массовой концентрации титруемых кислот в ягодах.

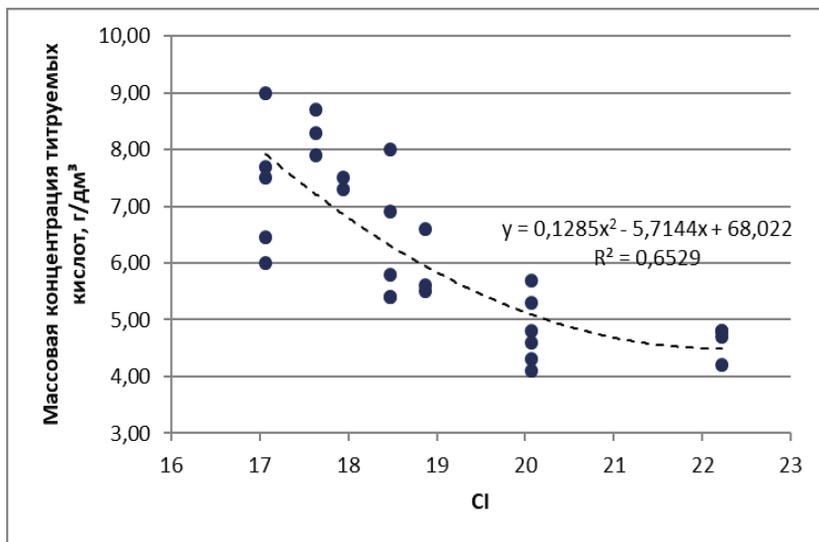


Рис. 3. Влияние индекса холодных ночей на массовую концентрацию титруемых кислот в винограде (2023 г.)

Уровень влагообеспеченности является одним из ключевых переменных, обуславливающих рост и продуктивность виноградного растения, а также качество винограда, как сырья для производства винопродукции [5; 22; 30; 34]. Оценка влияния уровня влагообеспеченности на качественные показатели винограда ввиду низкой вариативности количества осадков за вегетационный период и за месяц до начала сбора урожая на территории региона в целом не позволила выявить значимых закономерностей. В то же время на основании данных за годы предыдущих исследований (рис. 4) установлена корреляционная зависимость между $P_{\text{вег}}$ и массовой концентрацией яблочной кислоты в ягоде ($r=0,88$ и $0,9$ в 2021 и 2018 гг. соответственно) [9]. Установленные закономерности позволят энологам на основании метеоданных прогнозировать качественные показатели будущего урожая и заблаговременно планировать технологические аспекты переработки винограда для получения винопродукции высокого качества.

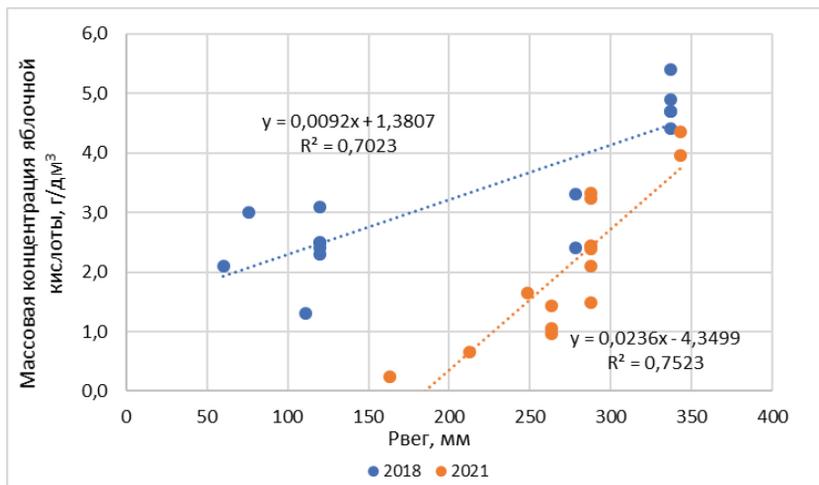


Рис. 4. Зависимость массовой концентрации яблочной кислоты в винограде от суммы осадков за вегетационный период

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований показано варьирование климатических факторов, характеризующих тепло- и влагообеспеченность, для различных виноградо-винодельческих районов Крыма. Установлено, что Горно-долинно-приморский и Горно-долинный виноградо-винодельческие районы характеризуются более высокими значениями индексом Уинклера и Хуглина (на 354-435 и 97-124 единиц соответственно), чем Крымский западно-приморский предгорный район и г. Севастополь. Аналогичная тенденция отмечена и в отношении показателей $t_{\text{мес}}$, $t_{\text{вег}}$ и CI . Установлена линейная зависимость массовой концентрации сахаров в ягоде от уровня теплообеспеченности региона произрастания винограда за вегетационный период ($r_{wi} = 0,73$). Установлено корреляционную зависимость между $P_{\text{вег}}$ и массовой концентрацией яблочной кислоты в ягоде ($r = 0,88-0,9$). Установленные закономерности позволят энологам на основании метеоданных прогнозировать качественные показатели будущего урожая и заблаговременно планировать технологические аспекты переработки винограда для получения винопродукции высокого качества.

Информация о спонсорстве. Работа выполнялась в рамках НИР по теме «Разработка методологии интеллектуального автоматизированного

мониторинга для решения задач в области виноделия и виноградарства» ГЗ № FNZM-2022-0010.

Список литературы

1. Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Лобунская И.А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 6. С.18-22. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22>
2. Мельников В.А. Оценка агроэкологических условий западной части Южного берега Крыма с выделением микрзон для оптимального размещения технических сортов винограда: диссерт. на соиск. уч. степ. канд. сельскохозяйственных наук. Ялта, 2018. 200 с.
3. Методы теххимического контроля в виноделии / Под ред. В.Г. Гержиковой. Симферополь: Таврида, 2009. 303 с.
4. Потанин Д.В., Иванова М.И. Подбор элементов адаптивного садоводства в зависимости от климатического потенциала территории // *Магарач. Виноградарство и виноделие*. 2022. Т. 24. № 3 (121). С. 254-262. <https://doi.org/10.34919/IM.2022.24.3.009>
5. Проекция условий влагообеспеченности в Севастопольском регионе для выращивания винограда / Вышкваркова Е.В., Рыбалко Е.А., Марчук О.В., Баранова Н.В. // *Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2022. Т. 30. № 3. С. 300–311. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-300-311>
6. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Борисова В.Ю. Исследование динамики и составление прогноза пространственного распределения теплообеспеченности территории крымского полуострова // *Системы контроля окружающей среды*. 2019. № 3 (37). С. 96-101. <https://doi.org/10.33075/2220-5861-2019-3-96-101>
7. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В. Рекомендации по агроэкологической оптимизации сортового состава и терруарной специализации виноградарско-винодельческой отрасли Республики Крым. Симферополь, 2023. 72 с.
8. Рыбалко Е., Червяк С., Ермихина М. Оценка виноградо-винодельческих районов Крыма по климатическим факторам, а также их влияния на качественные характеристики винограда // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023. Т. 15(5). <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-5-936>
9. Рыбалко Е.А., Червяк С.Н. Климатические факторы, характеризующие влагообеспеченность территории, и их влияние на качественные показатели винограда // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023. Т. 15(6). <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-6-96>

10. Сатибалов А.В. Влияние глобального потепления на региональный климат и его последствия для плодовых культур // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 69(3). С. 101-122. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-3-69-101-122>
11. Adaptation mechanisms of grape varieties in unstable climatic conditions of the autumn-winter period / Kiseleva G., Piina I., Sokolova V., Zaporozhets N. // BIO Web of Conferences. 2022. № 47, 06003. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20224706003>
12. Ashenfelter O., Storchmann K. Climate change and wine: A review of the economic implications // Journal of Wine Economics. 2016. № 11(1). P. 105–138. <https://doi.org/10.1017/jwe.2016.5>
13. Assessment of the influence of foliar treatment on productivity and phenolic maturity of grapes / Levchenko S.V., Cherviak S.N., Boiko V.A., Belash D., Ostroukhova E.V., Lutkova N.Yu. // E3S Web of Conferences. 2021. № 232. P. 03026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123203026>
14. 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. 2019. Vol. 8(5), 121 <https://doi.org/10.3390/plants8050121>
15. Climate Change Contributes to Water Scarcity / H. Assaf, W. Erian, R. Gafrej, S. Herrmann, R.A. McDonnell, A. Taimeh // Adaptation to a Changing Climate in the Arab Countries. World Bank Editors: Dorte Verner, 2012. P. 108-151.
16. Cornelis van Leeuwen and Benjamin Bois. Update in unified terroir zoning methodologies // E3S Web of Conferences. 2018. Vol. 50, 01044. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185001044>
17. Crupi P., Alba V., Gentile G., Gasparro M., Ferrara G., Mazzeo A., Coletta A. Viticultural Climate Indexes and Their Role in The Prediction of Anthocyanins and Other Flavonoids Content in Seedless Table Grapes // Horticulturae. 2024. Vol. 10(1), 28. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010028>
18. Fernandes de Oliveira A., Mercenaro L., Nieddu G. Assessing thermal efficiency for berry anthocyanin accumulation in four different sites and field-growing conditions // Acta Hort. 1188. ISHS 2017. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1188.24>
19. Fraga H. Climate Change: A New Challenge for the Winemaking Sector // Agronomy. 2020. Vol. 10, 1465. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101465>
20. Gambetta G. A., Kurtural S. K. Global warming and wine quality: are we close to the tipping point? // OENO One. 2021. Vol 55 (3). P. 353-361. <https://doi.org/10.20870/oenone.2021.55.3.4774>

21. Gregory A. Gambetta Water Stress and Grape Physiology in the Context of Global Climate Change // *Journal of Wine Economics*. 2016. Vol. 11(1). P. 168-180 <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.16>
22. Hunter J.J., Bonnardot V. Suitability of Some Climatic Parameters for Grapevine Cultivation in South Africa, with Focus on Key Physiological Processes // *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 2011. Vol. 32(1). P. 137-154. DOI:10.21548/32-1-1374
23. Jones G.V., Reid R., Vilks A. Climate, grapes, and wine: structure and suitability in a variable and changing climate // *The Geography of Wine*. 2011. P. 109–133. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0464-0_7
24. Leeuwen C. van, Darriet Ph. The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality *Journal of Wine Economics*. 2016. Vol. 11(1). P. 150–167. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21>
25. Lopes C.M., Egipto R., Pedroso V., Pinto P.A., Braga R., Neto M. Can berry composition be explained by climatic indices? Comparing classical with new indices in the Portuguese Dao region // *ActaHortic.* 2017. 1157. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1157.10>
26. Novikova L., Naumova L. Dependence of Fresh Grapes and Wine Taste Scores on the Origin of Varieties and Weather Conditions of the Harvest Year in the Northern Zone of Industrial Viticulture in Russia // *Agronomy*. 2020. Vol. 10, 1613. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101613>
27. Oana Arina Antoce, Georgeta Mihaela Bucur, George Adrian Cojocar. The climate change influences and trends on the grapevine growing in Southern Romania: a long-term study // *Book of abstracts 42nd Congress of Vine and Wine, 17th General Assembly of the OIV 15th-19th July 2019, CICG, Geneva, Switzerland*. P.43–44.
28. Ostroukhova E., Rybalko E., Levchenko S., Boyko V., Belash D., Viugina M. Relationship between agro-ecological resources of vineyards and the anthocyanins complex in berries // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 247, 01013. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124701013>
29. Roediger AHA Phenolic ripeness in South Africa / Assignment submitted in partial requirement for Cape Wine Masters Diploma. Stellenbosch, 2006. 97 p.
30. Shrestha S., Babel M.S., Pandey V.P. Climate change and water resources. Boca Raton: CRC Press, 2014, 376 p. <https://doi.org/10.1201/b16969>
31. Use of a flor velum yeast for modulating colour, ethanol and major aroma compound contents in red wine / Moreno J., Moreno-García J., López-Muñoz B., Carlos Mauricio J., García-Martínez T. // *Food Chemistry*. 2016. Vol. 15(213). P. 90-97. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.062>
32. Van Leeuwen C. Terroir: The effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes // *Managing Wine Quality (Second*

- Edition), Volume One: Viticulture and Wine Quality, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 2022. P. 341-393. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102067-8.00005-1>
33. Van Leeuwen C., Schultz H., de Cortazar-Atauri I. G., Duchêne E., Ollat N., Pieri Ph., Bois B., Goutouly J.-P., Quénel H., Touzard J.-M., Malheiro A., Bavaresco L., Delrot S. Why climate change will not dramatically decrease viticultural suitability in main wine-producing areas by 2050 // Proc Natl Acad Sci U S A. 2013. Vol. 110(33). P. E3051-2. <https://doi.org/10.1073/pnas.1307927110>
 34. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine: How can it be assessed for vineyard management purposes? / Leeuwen van C., Tregouat O., Choné X., Bois B., Pernet D., Gaudillère J.P. // Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin. 2009. Vol. 43. P. 121-134.
 35. Vyshkvarkova E.V., Rybalko E.A. Forecast of Changes in Air Temperatures and Heat Indices in the Sevastopol Region in the 21st Century and Their Impacts on Viticulture // Agronomy. 2021. Vol. 11(5), 954 <https://doi.org/10.3390/agronomy11050954>
 36. Wang S.Y., Zheng G.F., Li X., Yang J.L., Zhang X.Y., Li J.P., Ma L.W. Impact of climate warming on heat resources and freezing injuries in wine grapes at the east foot of the Helan Mountains of Ningxia. Shengtai Xuebao // Acta Ecologica Sinica. 2017. Vol. 37(11). P. 3776–3786. <https://doi.org/10.5846/stxb201604180721>
 37. Yang W., Zhu J., van Leeuwen C., Dai Zh., Gambetta G. A. GrapevineXL reliably predicts multi-annual dynamics of vine water status, berry growth, and sugar accumulation in vineyards // Horticulture Research. 2023. Vol. 10, Issue 6. <https://doi.org/10.1093/hr/uhad071>

References

1. Ionova E.V., Lihovidova V.A., Lobunskaja I.A. Zasuha i gidrotermicheskiy koeficient uvlazhnenija kak odin iz kriteriev ocenki stepeni ee intensivnosti (obzor literatury). *Zernovoe hozjajstvo Rossii*, 2019, no. 6, pp. 18-22. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22>
2. Melnikov V.A. Evaluation of agroecological conditions of the western part of the Southern coast of Crimea with the allocation of microzones for optimal placement of technical grape varieties: dissertation for a thesis for the degree of Candidate of Agricultural Sciences. Yalta, 2018, 200 p.
3. *Metody tehnohimicheskogo kontrolja v vinodelii* [Methods of technochemical control in winemaking] / ed. V.G. Gerzhikova. Simferopol: Tavrida, 2009, 303 p.

4. Potanin D.V., Ivanova M.I. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie* [Magarach. Viticulture and winemaking], 2022, vol. 24, no. 3 (121), pp. 254-262. <https://doi.org/10.34919/IM.2022.24.3.009>
5. Vyshkvarikova E.V., Rybalko E.A., Marchukova O.V., Baranova N.V. *Vestnik RUDN. Serija: Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*, 2022, vol. 30, no. 3, pp. 300–311. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-300-311>
6. Rybalko E.A., Baranova N.V., Borisova V.Ju. *Sistemy kontrol'ja okruzhajushhej sredy*, 2019, no. 3 (37), pp. 96-101. <https://doi.org/10.33075/2220-5861-2019-3-96-101>
7. Rybalko E.A., Baranova N.V. Recommendations on agroecological optimization of varietal composition and terroir specialization of winegrowing and wine-making industry of the Republic of Crimea. Simferopol, 2023, 72 p.
8. Rybalko E., Chervjak S., Ermihina M. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2023, vol. 15(5). <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-5-936>
9. Rybalko E.A., Chervjak S.N. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2023, vol. 15(6). <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-6-96>
10. Satibalov A.V. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Juga Rossii*, 2021, no. 69(3), pp. 101-122. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-3-69-101-122>
11. Kiseleva G., Ilina I., Sokolova V., Zaporozhets N. Adaptation mechanisms of grape varieties in unstable climatic conditions of the autumn-winter period. *BIO Web of Conferences*, 2022, no. 47, 06003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224706003>
12. Ashenfelter O., Storchmann K. Climate change and wine: A review of the economic implications. *Journal of Wine Economics*, 2016, vol. 11(1), pp. 105–138. <https://doi.org/10.1017/jwe.2016.5>
13. Levchenko S.V., Chervjak S.N., Boiko V.A., Belash D., Ostroukhova E.V., Lutkova N.Yu. *E3S Web of Conferences*, 2021, vol. 232, 03026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123203026>
14. 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*, 2019, vol. 8(5), 121. <https://doi.org/10.3390/plants8050121>
15. Assaf H., Erian W., Gafrej R., Herrmann S., McDonnell R.A., Taimeh A. *Adaptation to a Changing Climate in the Arab Countries*. World Bank Editors: Dorte Verner, 2012, pp.108-151.
16. Cornelis van Leeuwen and Benjamin Bois. Update in unified terroir zoning methodologies. *E3S Web of Conferences*, 2018, vol. 50, 01044. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185001044>

17. Crupi P., Alba V., Gentile G., Gasparro M., Ferrara G., Mazzeo A., Colletta A. Viticultural Climate Indexes and Their Role in The Prediction of Anthocyanins and Other Flavonoids Content in Seedless Table Grapes. *Horticulturae*, 2024, vol. 10(1), 28. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010028>
18. Fernandes de Oliveira A., Mercenaro L., Nieddu G. Assessing thermal efficiency for berry anthocyanin accumulation in four different sites and field-growing conditions. *Acta Horti*, 2017, 1188. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1188.24>
19. Fraga H. Climate Change: A New Challenge for the Winemaking Sector. *Agronomy*, 2020, vol. 10, 1465. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101465>
20. Gambetta G. A., Kurtural S. K. Global warming and wine quality: are we close to the tipping point? *OENO One*, 2021, vol. 55 (3), pp. 353-361. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.3.4774>
21. Gregory A. Gambetta Water Stress and Grape Physiology in the Context of Global Climate Change. *Journal of Wine Economics*, 2016, vol. 11(1), pp. 168-180. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.16>
22. Hunter J.J., Bonnardot V. Suitability of Some Climatic Parameters for Grapevine Cultivation in South Africa, with Focus on Key Physiological Processes. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, 2011, vol. 32(1), pp. 137-154. <https://doi.org/10.21548/32-1-1374>
23. Jones G.V., Reid R., Vilks A. Climate, grapes, and wine: structure and suitability in a variable and changing climate. *The Geography of Wine*, 2011, pp. 109–133. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0464-0_7
24. Leeuwen C. van, Darriet Ph. The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality. *Journal of Wine Economics*, 2016, vol. 11(1), pp. 150–167. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21>
25. Lopes C.M., Egipto R., Pedroso V., Pinto P.A., Braga R., Neto M. Can berry composition be explained by climatic indices? Comparing classical with new indices in the Portuguese Dao region. *Acta Horti*, 2017, 1157. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1157.10>
26. Novikova L., Naumova L. Dependence of Fresh Grapes and Wine Taste Scores on the Origin of Varieties and Weather Conditions of the Harvest Year in the Northern Zone of Industrial Viticulture in Russia. *Agronomy*, 2020, vol. 10, 1613. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101613>
27. Oana Arina Antocea, Georgeta Mihaela Bucur, George Adrian Cojocaru. The climate change influences and trends on the grapevine growing in Southern Romania: a long-term study. *Book of abstracts 42nd Congress of Vine and*

- Wine*, 17th General Assembly of the OIV 15th-19th July 2019, CICG, Geneva, Switzerland, pp. 43–44.
28. Ostroukhova E., Rybalko E., Levchenko S., Boyko V., Belash D., Viugina M. Relationship between agro-ecological resources of vineyards and the anthocyanins complex in berries. *E3S Web of Conferences*, 2021, vol. 247, 01013. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124701013>
 29. Roediger AHA Phenolic ripeness in South Africa / Assignment submitted in partial requirement for Cape Wine Masters Diploma. Stellenbosch, 2006, 97 p.
 30. Shrestha S., Babel M.S., Pandey V.P. Climate change and water resources. Boca Raton: CRC Press, 2014, 376 p. <https://doi.org/10.1201/b16969>
 31. Use of a flor velum yeast for modulating colour, ethanol and major aroma compound contents in red wine / Moreno J., Moreno-García J., López-Muñoz B., Carlos Mauricio J., García-Martínez T. *Food Chemistry*, 2016, vol. 15(213), pp. 90-97. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.062>
 32. Van Leeuwen C. Terroir: The effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes / *Managing Wine Quality (Second Edition), Volume One: Viticulture and Wine Quality*, Woodhead Publishing Series in Food Science, *Technology and Nutrition*, 2022, pp. 341-393 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102067-8.00005-1>
 33. Van Leeuwen C., Schultz H., de Cortazar-Atauri I. G., Duchêne E., Ollat N., Pieri Ph., Bois B., Goutouly J.-P., Quénot H., Touzard J.-M., Malheiro A., Bavaresco L., Delrot S. Why climate change will not dramatically decrease viticultural suitability in main wine-producing areas by 2050. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2013, vol. 110(33), pp. E3051-2. <https://doi.org/10.1073/pnas.1307927110>
 34. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine: How can it be assessed for vineyard management purposes? / Leeuwen van C., Tregoat O., Choné X., Bois B., Pernet D., Gaudillère J.P. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 2009, vol. 43, pp. 121-134.
 35. Vyshkvarkova E.V., Rybalko E.A. Forecast of Changes in Air Temperatures and Heat Indices in the Sevastopol Region in the 21st Century and Their Impacts on Viticulture. *Agronomy*, 2021, vol. 11(5), 954. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050954>
 36. Wang S.Y., Zheng G.F., Li X., Yang J.L., Zhang X.Y., Li J.P., Ma L.W. Impact of climate warming on heat resources and freezing injuries in wine grapes at the east foot of the Helan Mountains of Ningxia. *Shengtai Xuebao. Acta Ecologica Sinica*, 2017, vol. 37, I. 11, pp. 3776–3786. <https://doi.org/10.5846/stxb201604180721>

37. Yang W., Zhu J., van Leeuwen C., Dai Zh., Gambetta G. A. GrapevineXL reliably predicts multi-annual dynamics of vine water status, berry growth, and sugar accumulation in vineyards. *Horticulture Research*, 2023, vol. 10, issue 6. <https://doi.org/10.1093/hr/uhad071>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Червяк София Николаевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории цифровых технологий в виноделии и виноградарстве *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН*
ул. Кирова, 31, г. Ялта, Республика Крым, 298600, Российская Федерация
Sofi4@list.ru

Рыбалко Евгений Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. сектором агроэкологии
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН
ул. Кирова, 31, г. Ялта, Республика Крым, 298600, Российская Федерация
rybalko_ye_a@mail.ru

Олейникова Вероника Анатольевна, младший научный сотрудник лаборатории химии и биохимии вина
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН
ул. Кирова, 31, г. Ялта, Республика Крым, 298600, Российская Федерация
nika063094@gmail.com

Ермихина Марианна Вадимовна, научный сотрудник лаборатории химии и биохимии вина
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН
ул. Кирова, 31, г. Ялта, Республика Крым, 298600, Российская Федерация
mariannaermikhina@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Sofia N. Cherviak, Candidate of technical sciences, Senior Staff Research of the Department of Digital Technologies in Winemaking and Viticulture
All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of RAS

31, Kirova Str., Yalta, Republic of Crimea, 298600, Russian Federation
SPIN-code: 1783-0042

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9551-7448>

Scopus Author ID: 57210848141

Evgeniy A. Rybalko, Candidate of Agricultural sciences, Head of Agroecology Sector

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of RAS

31, Kirova Str., Yalta, Republic of Crimea, 298600, Russian Federation
rybalko_ye_a@mail.ru

SPIN-code: 9980-8209

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4579-3505>

Scopus Author ID: 57188725386

Veronica A. Oleinikova, Junior Staff Scientist of the Department of Chemistry and Biochemistry of Wine

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of RAS

31, Kirova Str., Yalta, Republic of Crimea, 298600, Russian Federation
nika063094@gmail.com

SPIN-code: 6902-1639

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0252-8904>

Marianna V. Ermikhina, Staff Scientist of the Department of Chemistry and Biochemistry of Wine

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of RAS

31, Kirova Str., Yalta, Republic of Crimea, 298600, Russian Federation
mariannaermikhina@mail.ru

SPIN-code: 9436-4525

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6457-2129>

Scopus Author ID: 57222720949

Поступила 11.03.2024

После рецензирования 23.04.2024

Принята 24.04.2024

Received 11.03.2024

Revised 23.04.2024

Accepted 24.04.2024