

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-6-963

УДК 551.582:634.8.07:57.013



Научная статья

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ, И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВИНОГРАДА

Е.А. Рыбалко, С.Н. Червяк

Изучение научной проблемы, которой посвящены настоящие исследования, обусловлено планетарным изменением климата, проявляющимся в повышении среднегодовой температуры воздуха, резких перепадах зимних и летних температур, дефиците влаги.

На сегодняшний день наблюдается серьезная проблема адаптации растений к изменению климата ввиду усиления нехватки воды во многих регионах мира. Изменение климата формирует значительную неопределенность относительно потенциальной адаптивности виноградного растения, а также перспективности развития виноградарства в целом.

Исследование и обобщение территориального распределения климатических факторов, характеризующих тот или иной регион, а также их влияния на качественные характеристики сырья и готовой продукции представляют интерес с точки зрения лучшего понимания и прогнозирования потенциального воздействия на сельскохозяйственные системы. Использование полученных данных позволит улучшить прогнозы последствий изменения климата в среднесрочной перспективе и применительно к отдельным терруарам.

Цель – изучение влияния климатических факторов, характеризующих влагообеспеченность территории, на качественные показатели винограда.

Материалы и методы. Объектами исследования служил виноград белых и красных сортов, произрастающий в разных в агроэкологическом аспекте микро-районах Крыма. Для выявления влияния факторов, характеризующих влагообеспеченность территории, на качественные показатели сырья для винодельческой продукции были выбраны сумма осадков с начала вегетационного периода до сбора урожая, сумма осадков за последний месяц до сбора урожая, гидротермический коэффициент Селянинова. Оценку винограда проводили по показателям

углеводно-кислотного комплекса (массовая концентрация сахаров, титруемых кислот, значение рН, профиль органических кислот), а также глюкоацидиметрическому показателю, характеризующему степень зрелости винограда.

Результаты и заключение. Проведена оценка климатических факторов, характеризующих влагообеспеченность виноградо-винодельческих районов Крыма. Проведенные исследования позволили выявить варьирование концентраций компонентов углеводно-кислотного комплекса в зависимости от изменчивости факторов среды. Отмечен существенный дефицит осадков на полуострове, а большая часть территории по величине гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова (не превышала 1) отнесена к засушливой или очень засушливой зоне. Для винограда красных сортов установлена зависимость между гидротермическим коэффициентом и массовой концентрацией сахаров винограда ($r=-0,63$). Полученные данные свидетельствуют о том, что повышение количества осадков за вегетационный период способствуют замедлению сахаронакопления в ягоде винограда. В отношении белых сортов винограда аналогичной закономерности не установлено. Отмечена прямая зависимость массовой концентрации яблочной кислоты от количества осадков за месяц, предшествующему сбору урожая ($r=0,78$).

Ключевые слова: виноград; влагообеспеченность; зрелость винограда; виноградо-винодельческий район; гидротермический коэффициент; углеводно-кислотный комплекс

Для цитирования. 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. С. 148-164. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-6-963

Original article

CLIMATIC FACTORS CHARACTERIZING THE MOISTURE SUPPLY OF THE TERRITORY AND THEIR EFFECT ON THE QUALITY INDICATORS OF GRAPES

E.A. Rybalko, S.N. Cherviak

The study of scientific problem, to which this research is devoted, is due to planetary climate change, manifested in an increase in the average annual air temperature, rapid changes in winter and summer temperatures, and a lack of precipitation.

For today, there is a serious problem of adapting plants to climate change due to an increase in water deficiency in many regions of the world. Climate change creates significant uncertainty in the potential adaptability of grape plants, as well as in the prospects for viticulture development in general.

The study and generalization of territorial distribution of climatic factors that characterize a particular region, as well as their effect on the quality characteristics of raw materials and finished products, are attractive from the point of better understanding and forecasting the potential impact on agricultural systems. The obtained data consumption will allow improving the forecast of climate change consequences in the medium term, and in relation to particular terroirs.

The goal is to study the effect of climatic factors that characterize the moisture supply of the territory on the quality indicators of grapes.

Materials and methods. *The objects of the study were grapes of white and red cultivars, different in agroecological aspect, and growing in micro regions of Crimea. To identify the effect of factors characterizing the moisture supply of the territory on the quality indicators of raw materials for winemaking products, the amount of precipitation from the beginning of growing season to the harvesting, the amount of precipitation for the last month before harvest, and hydrothermal coefficient of Selyaninov were selected. The assessment of grapes was carried out according to the indicators of carbohydrate-acid complex (mass concentration of sugars, titratable acids, pH value, profile of organic acids), as well as the glucoacidimetric indicator revealing the degree of grape ripeness.*

Results and conclusion. *Climatic factors characterizing the moisture supply of viticultural and winemaking regions of Crimea were assessed. The studies carried out made it possible to reveal variations in the concentration of carbohydrate-acid complex components depending on the changing ability of environmental factors. A significant precipitation deficiency was observed on the Peninsula. According to the value of hydrothermal coefficient of Selyaninov (did not exceed 1), most of the territory was classified as an arid or very arid zone. A correlation between the hydrothermal coefficient and mass concentration of grape sugars ($r=-0.63$) was established for red grapevine cultivars. The data obtained indicate that an increase in the amount of precipitation during growing season contributes to a moderation of sugar accumulation in grapes. Similar pattern was not established for white grapevine cultivars. There was a direct correlation of the mass concentration of malic acid on the amount of precipitation in the last month before harvest ($r=0.78$).*

Keywords: *grapes; moisture supply; grape ripeness; viticultural and wine-making region; hydrothermal coefficient; carbohydrate-acid complex*

***For citation.** Rybalko E.A., Cherviak S.N. Climatic Factors Characterizing the Moisture Supply of the Territory and Their Effect on the Quality Indicators of Grapes. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 6, pp. 148-164. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-6-963*

Введение

Температурный режим и уровень влагообеспеченности являются ключевыми переменными, определяющими распространение, рост, продуктивность и качество сельскохозяйственных насаждений, в т. числе винограда [5, 6, 22]. Изменение климата оказывает как прямое, так и косвенное влияние на системы сельскохозяйственного производства. Прямое воздействие включает эффекты, обусловленные изменением абиотических факторов, таких как температура, количество и распределение осадков в конкретных регионах возделывания (системах сельскохозяйственного производства) [12-14, 16, 21].

Изучение научной проблемы, которой посвящены настоящие исследования, обусловлено планетарным изменением климата, проявляющимся в повышении среднегодовой температуры воздуха, резких перепадах зимних и летних температур, дефиците влаги. Так, сумма активных температур выше 10 °С на территории Крымского полуострова за последние 33 года увеличилась на 567 °С (или 18 %) от начального значения показателя. Современные исследования в данном направлении свидетельствуют о том, что площади территорий в Крыму с суммой активных температур выше 3900 °С к 2050 г. увеличится в 125 раз по сравнению с 2018 г. [6].

Изменения температурных факторов приводит к искажению метаболизма виноградного растения, в первую очередь, к отставанию формирования фенольного комплекса ягод относительно накопления сахаров при созревании винограда [8, 11, 23, 24]. Это ведет к снижению качества красных сухих вин, для производства которых характерен ранний сбор винограда при содержании сахаров от 170 г/дм³.

На сегодняшний день наблюдается серьезная проблема адаптации растений к изменению климата ввиду усиления нехватки воды во многих регионах мира [13, 14, 16, 18]. Изменение климата формирует значительную неопределенность относительно потенциальной адаптивности виноградного растения, а также перспективности развития виноградарства в целом [9, 10, 14, 15, 17, 18, 24].

Исследование и обобщение территориального распределения климатических факторов, характеризующих тот или иной регион, а также их

влияния на качественные характеристики сырья и готовой продукции представляют интерес с точки зрения лучшего понимания и прогнозирования потенциального воздействия на сельскохозяйственные системы. Использование полученных данных позволит улучшать прогнозы последствий изменения климата в среднесрочной перспективе и применительно к отдельным терруарам.

Научная новизна заключается в том, что для оценки влияния агроклиматических факторов на профиль углеводно-кислотного комплекса винограда использованы не просто данные ближайших к анализируемым участкам метеостанций как в схожих исследованиях, а произведён пересчёт агроклиматических показателей, полученных на метеостанциях, непосредственно на анализируемые участки с использованием авторских математических моделей, учитывающих орографические, географические и гидрологические особенности территории. Такой подход позволил значительно повысить точность оценки агроклиматического потенциала исследуемых участков и более достоверно оценить его влияние на формирование углеводно-кислотного комплекса винограда.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлся виноград белых и красных сортов, произрастающий в разных в агроэкологическом аспекте микрорайонах: Западном приморском, Крымском западно-приморском предгорном, Горно-долинном, Горно-долинно-приморском виноградо-винодельческих районах Крыма, а также Южном берегу Крыма (п. Ливадия и п. Таврида). В каждом районе исследования проводились не менее 3-х лет в одних и тех же хозяйствах в условиях стабильных антропогенных факторов. Общая выборка составила около 150 образцов винограда. Исследования проводили в период с 2016 по 2022 гг.

Для выявления влияния факторов, характеризующих влагообеспеченность территории, на качественные показатели сырья для винодельческой продукции были отобраны следующие параметры: сумма осадков с начала вегетационного периода до сбора урожая ($P_{\text{вс}}$), сумма осадков за последний месяц до сбора урожая ($P_{\text{мес}}$), гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) [2, 4, 5].

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 па-

раметры анализируемой территории и их влияние на пространственное распределение агроклиматических факторов [5, 6].

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

В период промышленного сбора отбирали пробы винограда в количестве не менее 10 кг. Оценку винограда проводили по следующим физико-химическим показателям: массовая концентрация сахаров, титруемых кислот, значение pH, профиль органических кислот [3]. Степень зрелости винограда оценивали по глюкоацидиметрическому показателю (ГАП), рассчитываемом как соотношении массовой концентрации сахаров и титруемых кислот.

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

Результаты

Уровень влагообеспеченности является одним из ключевых переменных, определяющих распространение, рост, продуктивность и качество сельскохозяйственных насаждений, в т. числе винограда [5, 20, 24]. Оценка углеводно-кислотного комплекса винограда свидетельствует о том (табл. 1), что массовая концентрация сахаров в исследуемых партиях винограда варьировала в диапазоне значений 16,0-25,8 г/100 см³, что отвечает требованиям для промышленной переработки винограда с целью производства столовых и крепленых вин. Массовая концентрация титруемых кислот варьировала в широком диапазоне от 3,1 до 11,2 г/дм³, что обусловлено широким сорtimentом винограда и климатическими особенностями года.

Для производства игристых вин рекомендуется переработка винограда со значением глюкоацидиметрического показателя не ниже 2,0. Для приготовления десертных вин величина показателя должна составлять не менее 3,5 [1]. В то же время, согласно литературным данным, для винограда позднего сбора будут характерны более высокие значения ГАП: 3,7-3,8 [19]. Согласно массиву данных, полученных за годы проведения исследований, можно заключить, что виноград, возделываемый на Южном берегу, характеризуется величиной глюкоацидиметрического показателя в диапазоне 1,8-4,2 и для исследуемой выборки винограда в большей степе-

ни рекомендуется для получения столовых вин. Для других исследуемых виноградо-винодельческих зон характерна более широкая вариативность показателей углеводно-кислотного комплекса винограда. Максимумы значения ГАП винограда достигали 5,6-7,9. Таким образом, по величине данного показателя исследуемые партии винограда рекомендуются для производства как столовых, так и ликерных вин.

Таблица 1.

Значения показателей химического состава и показателей зрелости винограда из разных виноградо-винодельческих районов Крыма¹

Виноградо-винодельческий район Крыма	Массовая концентрация,		рН	ГАП
	сахаров, г/100 см ³	титруемых кислот, г/дм ³		
Западный приморский (г. Евпатория)	<u>18,6-25,8</u> 22,4	<u>3,8-8,4</u> 6,3	<u>3,1-3,5</u> 3,3	<u>2,5-6,0</u> 3,7
Крымский западно-приморский предгорный (с. Угловое)	<u>18,6-24,7</u> 21,4	<u>4,4-8,0</u> 6,2	<u>3,1-3,7</u> 3,3	<u>2,6-5,6</u> 3,5
Горно-долинный приморский (с. Морское)	<u>19,4-25,0</u> 22,1	<u>3,1-9,8</u> 6,0	<u>3,1-3,8</u> 3,4	<u>2,3-7,9</u> 3,9
Южный берег Крыма (п. Ливадия)	<u>16,2-23,4</u> 19,7	<u>4,1-11,2</u> 7,8	<u>3,1-3,8</u> 3,3	<u>1,8-4,2</u> 2,7
Южный берег Крыма (с. Кипарисное)	<u>19,1-23,9</u> 20,8	<u>6,2-10,7</u> 8,1	<u>3,1-3,4</u> 3,2	<u>1,9-3,5</u> 2,7
Горно-долинный (с. Приветное)	<u>17,2-23,4</u> 21,4	<u>5,3-7,0</u> 6,4	<u>3,2-3,6</u> 3,4	<u>2,0-4,4</u> 3,5

¹ – в числителе – диапазон варьирования показателей, в знаменателе – среднее значение

Виноградное растение является мезофитом (произрастает в условиях достаточной, но не избыточной влажности). Коэффициент водопотребления винограда значительно колеблется в зависимости от сортовой и видовой принадлежности, величины плодовой нагрузки, комплекса экологических условий и технологии возделывания, и может составлять 240-600 м³/т и более [7]. Недостаток почвенной влаги приводит к снижению силы роста побегов, величины урожайности и зимостойкости виноградного растения в целом. В условиях избыточного увлажнения повышается восприимчивость растений к грибным заболеваниям, что может обусловить снижение качества урожая [7, 20].

Оценка климатических факторов, характеризующих влагообеспеченность исследуемых виноградо-винодельческих районов Крыма,

свидетельствует о том (табл. 2), что на полуострове наблюдается существенный дефицит осадков, а большую часть территории можно отнести к засушливой ($P_{\text{вер}} = 207\text{-}265$ мм) или очень засушливой зоне ($P_{\text{вер}} < 207$ мм) [5].

Таблица 2.

Климатические факторы, характеризующие влагообеспеченность территории

Виноградо-винодельческий район Крыма	Год	$P_{\text{вер}}$	$P_{\text{мес}}$	ГТК
Западный приморский (г. Евпатория)	2017	249,1	31,7	0,78
	2018	60,0	0,3	0,20
	2019	215,9	0,6	0,68
	2020	100,8	16,0	0,32
	2021	248,5	29,5	0,74
	2022	228,1	15,6	0,68
Крымский западно-приморский предгорный (п. Угловое)	2017	183,1	35,8	0,65
	2018	277,2	79,3	0,76
	2019	164,5	1,7	0,53
	2020	105,5	29,8	0,35
	2021	212,3	47,8	0,67
	2022	176,4	17,2	0,55
Горно-долинный приморский (п. Морское)	2018	75,8	0,1	0,24
	2019	120,0	42,8	0,35
	2020	102,7	15,0	0,32
	2021	108,3	14,2	0,32
	2022	281,3	34,4	0,89
Южный берег Крыма (Ливадия) (п. Таврида)	2018	199,1	28,4	0,61
	2019	156,6	16,3	0,48
	2020	116,7	10,8	0,36
	2021	342,9	61,6	0,98
	2022	306,3	95,9	0,95
Горно-долинный (п. Приветное)	2020	109,6	23,2	0,36
	2021	246,7	26,9	0,97
	2022	165,6	3,2	0,59

Визуально это хорошо прослеживается на карте пространственного распределения ГТК, построенной с учётом влияния рельефа, географических и гидрологических особенностей территории на степень её увлажнения (рис. 1, табл. 3).

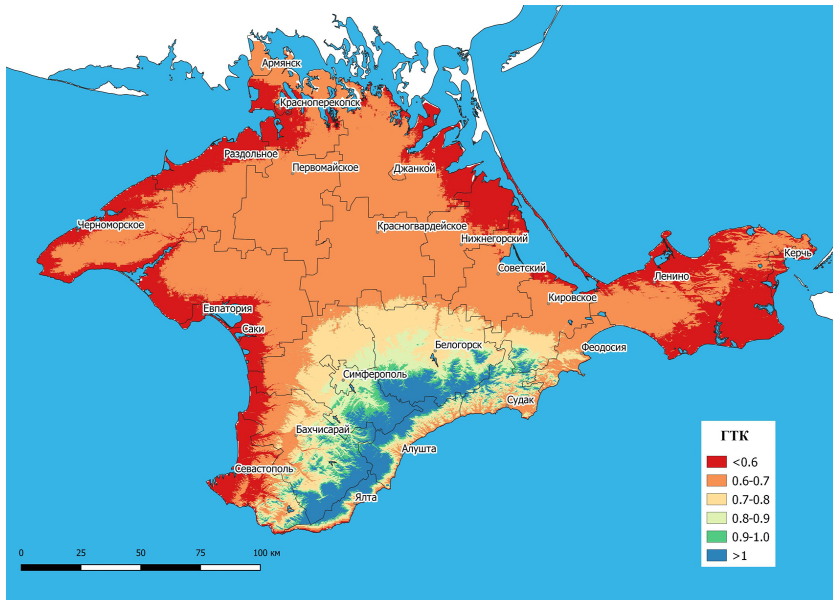


Рис. 1. Картографическая модель пространственного распределения ГТК на территории Крымского полуострова

Таблица 3.

Структура территорий Крымского полуострова с различной величиной ГТК

ГТК	Площадь	
	тыс. га	%
<0,6	578,7	22,7
0,6-0,7	1362,7	53,5
0,7-0,8	260,4	10,2
0,8-0,9	134,8	5,3
0,9-1,0	70,7	2,8
>1,0	139,6	5,5

Преобладающую часть территории полуострова, (76,2 %), можно отнести к очень засушливой зоне, так как значение ГТК здесь составляет 0,4–0,7. На 18,3 % территории условия увлажнения соответствуют критериям засушливой зоны (ГТК 0,7–1,0). Оставшаяся часть региона (139,6 тыс. га или 5,5 %) по величине показателя относиться к слабозасушливой зоне, однако эти земли расположены в горной местности и не подлежат закладке виноградников.

Таким образом, влагообеспеченность региона находится на критическом для виноградарства уровне, поэтому для оптимизации водного режима требуется орошение виноградников в процессе вегетации. Наблюдается неравномерное распределение влаги по региону, что может быть обусловлено особенностями местности. В отдельные годы (2021, 2022 гг.) сумма осадков в вегетационный период на ЮБК превышала 300 мм.

Анализ данных показал, что количество осадков за месяц до момента уборки урожая значительно варьирует (от 0,3 до 95,9 мм) в зависимости от района и года. Наибольшее количество осадков характерно для Крымского западно-приморского предгорного района и Южного берега (в среднем по годам 35,2 и 42,6 мм соответственно).

Одним из критериев уровня влагообеспеченности территории является гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК), который рассчитывается как частное от деления суммы осадков с начала вегетационного периода до сбора урожая ($P_{\text{вет}}$) на сумму активных температур выше 10 °С, умноженное на 10. Полученные данные свидетельствуют о том, что значение показателя не зависимо от региона и года не превышает 1,0, что соответствует засушливой и очень засушливой зоне [2].

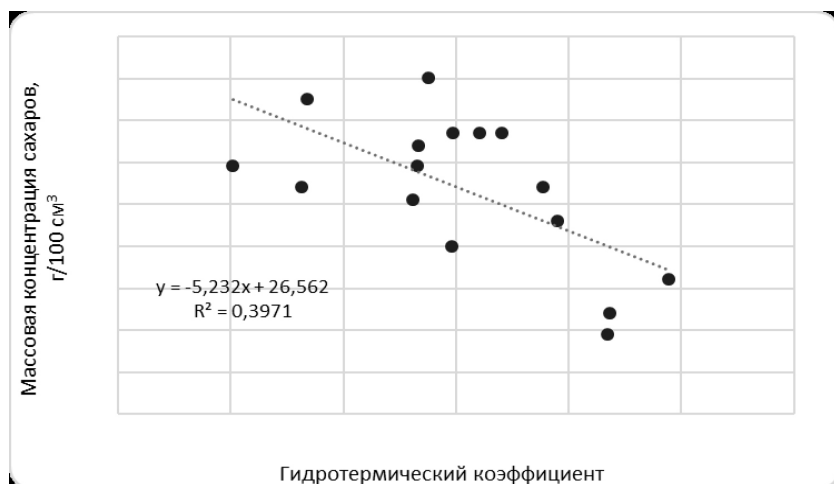


Рис. 2. Влияние гидротермического коэффициента на накопление сахаров в винограде (2016-2022 гг.)

Для винограда красных сортов (рис. 2) установлена зависимость между гидротермическим коэффициентом и массовой концентрацией саха-

ров винограда ($r=-0.63$). Полученные данные свидетельствуют о том, что повышение количества осадков за вегетационный период способствуют замедлению сахаронакопления в ягоде винограда. В отношении белых сортов аналогичной закономерности не установлено.

Профиль органических кислот винограда играет важную роль в формировании органолептических качеств винопродукции. При переработке недозрелого винограда в вине будет преобладать яблочная кислота, содержание которой в количестве выше 2 г/дм^3 придает резкий привкус «зеленой кислотности». Кроме того, яблочная кислота является фактором микробиальной нестабильности вин [3]. Отмечена прямая зависимость концентрации компонента (рис. 3) от количества осадков за месяц, предшествующему сбору урожая ($r=0,78$). Данная тенденция установлена для ЮБК (п. Ливадия).

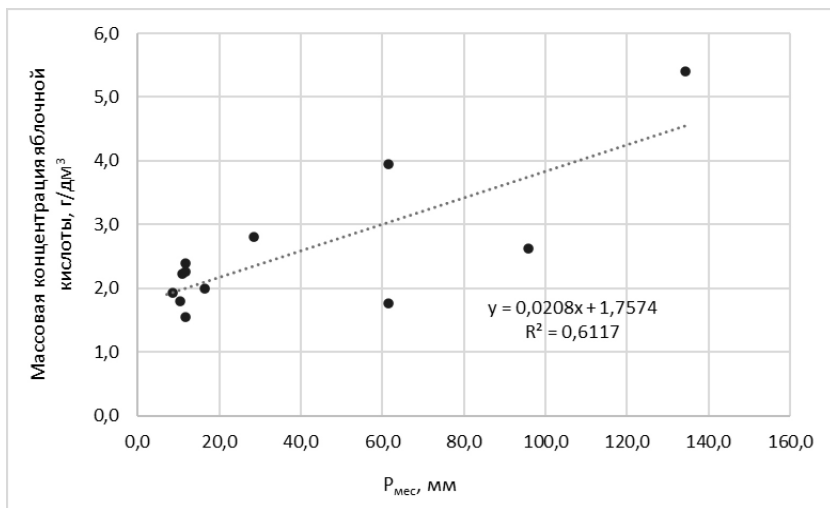


Рис. 3. Зависимость массовой концентрации яблочной кислоты от суммы осадков месяца (ЮБК) (2016-2022 гг.)

Обработка данных с помощью методов математической статистики позволила дискриминировать виноградо-винодельческие районы Крыма по совокупному влиянию климатических факторов (рис. 4). Лямбда Уилкса составила 0,055 при $p < 0,0001$. Показано, что по влагообеспеченности Западный приморский и Горно-долинный приморский районы очень близки между собой и могут быть объединены в отдельный кластер. Виноград-

ники, расположенные в поселках Ливадия и Таврида, относятся к одной виноградо-винодельческой зоне, что подтверждается результатами наших исследований. В третий кластер с помощью дискриминантного метода анализа выделен Крымский западно-приморский район.

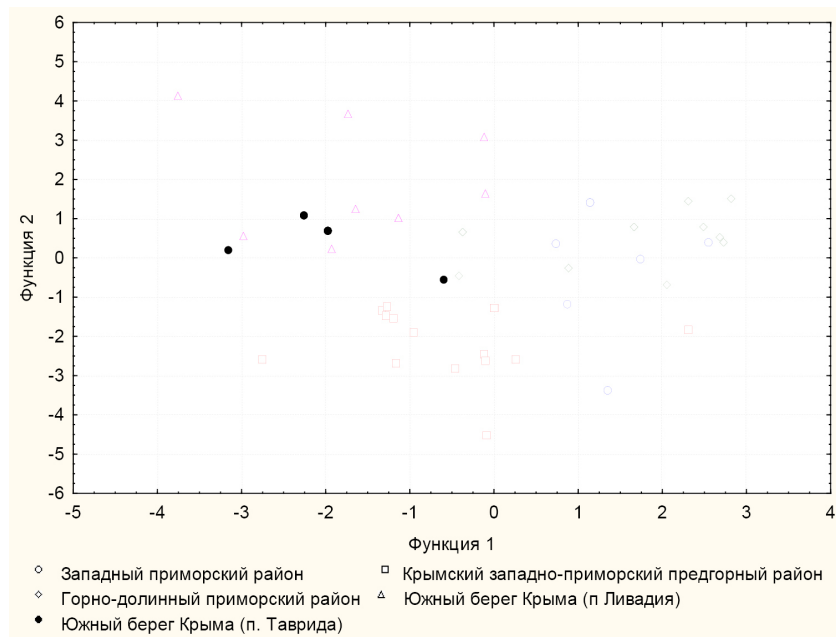


Рис. 4. Диаграмма различий виноградо-винодельческих районов Крыма по климатическим факторам

Заключение

Проведенные исследования показали варьирование количественного содержания компонентов углеводно-кислотного комплекса винограда в зависимости от изменчивости факторов среды. Отмечен существенный дефицит осадков на полуострове, а большая часть территории по величине гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова (не превышала 1) отнесена к засушливой или очень засушливой зоне. Установлена зависимость между гидротермическим коэффициентом и массовой концентрацией сахаров винограда ($r=-0,63$) для винограда красных сортов. Полученные данные свидетельствуют о том, что повышение количества осадков за вегетационный период способствуют замедлению сахаронако-

пления в ягоде винограда. В отношении белых сортов винограда аналогичной закономерности не установлено. Отмечена прямая зависимость массовой концентрации яблочной кислоты от количества осадков за месяц, предшествующему сбору урожая ($r=0,78$).

Работа выполнялась в рамках НИР по теме «Разработка методологии интеллектуального автоматизированного мониторинга для решения задач в области виноделия и виноградарства» ГЗ № FNZM-2022-0010, а также «Обоснование энохимических показателей для характеристики индивидуальных особенностей вин с географическим статусом из сортов винограда различного происхождения» ГЗ № FNZM-2022-0005.

Список литературы

1. Власова О.К., Магомедова Е.С. Научные аспекты рационального размещения и использования виноградных ресурсов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12. С. 1653-1657.
2. 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>
3. Методы технохимического 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.
5. Проекция условий влагообеспеченности в Севастопольском регионе для выращивания винограда / Вышкваркова Е.В., Рыбалко Е.А., Марчукова 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. Рязанцев Н.В. Хозяйственно-биологическое обоснование возделывания винограда в степной зоне Нижнего Поволжья: Дис. ... к.с.-х.н. Мичуринск-наукоград РФ, 2019. 165 с.

8. 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.
9. Adaptation mechanisms of grape varieties in unstable climatic conditions of the autumn-winter period / Kiseleva G., Ilina I., Sokolova V., Zaporozhets N. // BIO Web of Conferences. 2022. № 47, 06003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224706003>
10. Ashenfelter O., Storchmann K. Climate change and wine: A review of the economic implications // Journal of Wine Economics. 2016. № 11(1). P. 105–138
11. 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>
12. Climate change and food security: risks and responses / GitzV.,Meybeck A., Lipper L., Young C., Braatz S. // Food and agriculture organization of the united nations, 2015. 100 p.
13. 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 BankEditors: Dorte Verner, 2012. P. 108-151.
14. 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>
15. 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.
16. Jones G.V. Climate Change and the global wine industry. Proceedings from the 13th Australian Wine Industry Technical Conference, Adelaide, Australia. 2007.
17. 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.
18. 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>
19. Roediger AHA Phenolic ripeness in South Africa / Assignment submitted in partial requirement for Cape Wine Masters Diploma // Stellenbosch, 2006. 97 p.
20. 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>
21. Tonietto J., Carbonneau A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide // Agricultural and Forest Meteorology. 2004. Vol. 124. P. 81–97.

22. Trenberth K.E. Changes in precipitation with climate change // *Climate Research*. 2011. Vol. 47. P. 123–138.
23. 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>
24. 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. P. 121-134.

References

1. Vlasova O.K., Magomedova Ye.S. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2015, no. 12, pp. 1653-1657.
2. Ionova E.V., Likhovidova V.A., Lobunskaya I.A. *Zernovoye khozyaystvo Rossii* [Grain Economy of Russia], 2019, no. 6, pp. 18-22. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22>
3. *Metody tehnohimicheskogo kontrolya v vinodelii* [Methods of technochemical control in winemaking] / Edited by V.G. Gerzhikova. Simferopol: Tavrida, 2009, 303 p.
4. Potanin D.V., Ivanova M.I. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodeliye* [Magarach. Viticulture and winemaking], 2022, vol. 24, no. 3 (121), pp. 254-262.
5. Vyshkvarkova E., Rybalko E., Marchukova O., Baranova N. *Vestnik RUDN. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [RUDN Journal of Ecology and Life Safety], 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.Yu. *Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy* [Monitoring systems of environment], 2019, vol. 37(3), pp. 96-101. <https://doi.org/10.33075/2220-5861-2019-3-96-101>
7. Ryazantsev N.V. *Khozyaystvenno-biologicheskoye obosnovaniye zozdelyvaniya vinograda v stepnoy zone Nizhnego Povolzh'ya* [Economic and biological substantiation of grape cultivation in the steppe zone of the Lower Volga region], 2019, 165 p.
8. Satibalov A.V. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*, 2021, no. 69(3), pp. 101-122.
9. Kiseleva G., Ilina I., Sokolova V., Zaporozhets N. *BIO Web of Conferences*, 2022, vol. 47, 06003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224706003>

10. Ashenfelter O., Storchmann K. *Journal of Wine Economics*, 2016, no. 11(1), pp. 105–138.
11. Levchenko S.V., Cherviakov S.N., Boiko V.A., Belash D., Ostroukhova E.V., Lutkova N.Yu. *E3S Web of Conferences*, 2021, vol. 316, 03026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123203026>
12. Gitz V., Meybeck A., Lipper L., Young C., Braatz S. Climate change and food security: risks and responses / Food and agriculture organization of the united nations, 2015, 100 p.
13. Climate Change Contributes to Water Scarcity / Assaf H., Erian W., Gafrej R., Herrmann S., McDonnell R.A., Taimeh A. *Adaptation to a Changing Climate in the Arab Countries* [eds. Dorte Verner]. Publisher: World Bank, 2012, pp. 108-151.
14. Gambetta G.A. *Journal of Wine Economics*, 2016, vol. 11(1), pp. 168-180. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.16>
15. Hunter J.J., Bonnardot V. S. *Afr. J. Enol. Vitic.*, 2011, vol. 32(1), pp. 137-154.
16. Jones G.V. Climate Change and the global wine industry. *Proceedings from the 13th Australian Wine Industry Technical Conference*, Adelaide, Australia, 2007.
17. Jones G.V., Reid R., Vilks A. *The Geography of Wine*, 2011, pp. 109–133.
18. Leeuwen C. van, Darriet Ph. *Journal of Wine Economics*, 2016, vol. 11(1), pp. 150–167. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21>
19. Roediger A.H.A. Assignment submitted in partial requirement for Cape Wine Masters Diploma. Stellenbosch, 2006, 97 p.
20. 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>
21. Tonietto J., Carbonneau A. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2004, no. 124, pp. 81–97.
22. Trenberth K.E. *Climate Research*, 2011, vol. 47, pp. 123–138.
23. Moreno J., Moreno-García J., López-Muñoz B., Carlos Mauricio J., García-Martínez T. *Food Chemistry*, 2016, vol. 213(15), pp. 90-97. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.062>
24. 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, pp. 121-134.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

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, 298600, Республика Крым, Российская Федерация
rybalko_ye_a@mail.ru

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, 298600, Республика Крым, Российская Федерация

Sofi4@list.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

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, 298600, Republic of Crimea, Russian Federation

rybalko_ye_a@mail.ru

SPIN-code: 9980-8209

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

Scopus Author ID: 57188725386

Sofia N. Cherviak, Candidate of Technical Sciences, Chief Research 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, 298600, Republic of Crimea, Russian Federation

Sofi4@list.ru

SPIN-code: 1783-0042

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

Scopus Author ID: 57210848141

Поступила 10.04.2023

После рецензирования 02.05.2023

Принята 15.05.2023

Received 10.04.2023

Revised 02.05.2023

Accepted 15.05.2023