

УДК 634.8:631.524.6:575.22

UDC 634.8:631.524.6:575.22

DOI 10.30679/2219-5335-2020-5-65-193-210

DOI 10.30679/2219-5335-2020-5-65-193-210

**ДЕТЕРМИНАЦИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ
ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
В РАСТЕНИЯХ ВИНОГРАДА**

**DETERMINATION OF VARIABILITY
OF PHENOLIC SUBSTANCES
IN GRAPE PLANTS**

Клименко Виктор Павлович
д-р с.-х. наук
зав. лабораторией генетики,
биотехнологий селекции
и размножения винограда
e-mail: vik_klim@rambler.ru

Klimenko Viktor Pavlovich
Dr. Sci. Agr.
Head of Genetics,
Breeding Biotechnology
and Grape Propagation Laboratory
e-mail: vik_klim@rambler.ru

Тураев Дмитрий Олегович
мл. научный сотрудник
лаборатории генетики, биотехнологий
селекции и размножения винограда
e-mail: dima.turaev@rambler.ru

Turaev Dmitriy Olegovich
Junior Research Associate
of Genetics, Breeding Biotechnology
and Grape Propagation Laboratory
e-mail: dima.turaev@rambler.ru

Лушчай Екатерина Александровна
мл. научный сотрудник
лаборатории генетики, биотехнологий
селекции и размножения винограда
e-mail: ekaterina.lushai@gmail.com

Lushchay Ekaterina Aleksandrovna
Junior Research Associate
of Genetics, Breeding Biotechnology
and Grape Propagation Laboratory
e-mail: ekaterina.lushai@gmail.com

Лиховской Владимир Владимирович
д-р с.-х. наук
врио директора
e-mail: lihovskoy@gmail.com

Likhovskoi Vladimir Vladimirovich
Dr. Sci. Agr.
Temporarily Executive Director
e-mail: lihovskoy@gmail.com

*Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
«Всероссийский национальный научно-
исследовательский институт
виноградарства и виноделия
«Магарач» РАН», Ялта, Россия*

*Federal State Budget
Scientific Institution
«All-Russian National
Research Institute of Viticulture
and Winemaking «Magarach» of RAS»,
Yalta, Russia*

Целью данной работы являлась оценка влияния факторов «орган растения», «происхождение сорта», «окраска ягоды» и «срок созревания» на содержание фенольных соединений в растениях винограда с помощью методов статистической обработки. Качественный и количественный анализ основных групп фенольных соединений винограда (оксикарбоновые кислоты, флавонолы, флаван-3-олы, олигомерные процианидины,

This study aimed to assess the influence of the factors “plant organ”, “variety origin”, “berry color” and “ripening period” the content of phenolic substances in the grape plants using statistical processing methods. Qualitative and quantitative analysis of the phenolic substances (hydroxycarboxylic acids, flavonols, flavan-3-ols, oligomeric procyanidins, stilbenes) of the main grape groups

стильбены) проведен методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Исследование изменчивости количества фенольных соединений проведено по плану полного четырехфакторного эксперимента (36 вариантов в трехкратной повторности). Для анализа данных использовали пакет прикладных программ Statistica 10 («StatSoft», Inc., США). Результаты дисперсионного анализа содержания соединений фенольных групп в растениях винограда показали, что влияние факторов «орган растения», «происхождение сорта» и «срок созревания» на показатели этих веществ является достоверным. Фактор «окраска ягоды» влиял только на концентрацию оксикарбоновых кислот, при взаимодействии с факторами «орган растения» и «срок созревания». Взаимодействие различных вариантов факторов между собой достоверно влияло на количество оксикарбоновых кислот, флавонолов, стильбенов и олигомерных процианидинов. Исходя из анализа профилей предсказания, следует ожидать высоких количественных значений оксикарбоновых кислот, флавонолов и флаван-3-олов только в ранние сроки созревания ягод винограда, а олигомерных процианидинов – в поздние сроки созревания. Максимальное количество стильбенов следует ожидать у межвидовых сортов винограда в ранние сроки созревания ягод, у автохтонных сортов – в поздние сроки. Манипулируя закономерностями воздействия как отдельных факторов, так и их сочетаний, можно прогнозировать желательный эффект и достигать оптимального качественного и количественного соотношения различных групп фенольных соединений в растениях винограда.

Ключевые слова: ВИНОГРАД, ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, ОРГАН РАСТЕНИЯ, ПРОИСХОЖДЕНИЕ СОРТА, ОКРАСКА ЯГОДЫ, СРОК СОЗРЕВАНИЯ, ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

was carried out using the high effective liquid chromatography. The variability of phenolic substances content was studied according to the plan of a full four-factor experiment (a total of 36 variants in triplicate). Statistica 10 (“StatSoft”, Inc., USA) application software package was used for data analysis. The results of the analysis of variance of the content of phenolic groups substances in the grape plants showed that the influence of the factors “plant organ”, “variety origin” and “ripening period” on the indexes of these substances is reliable. The “berry color” factor affected only the concentration of hydroxycarboxylic acids when interacting with the factors of “plant organ” and “ripening period”. Interaction of different factors variants among themselves significantly affected the amount of hydroxycarboxylic acids, flavonols, stilbenes and oligomeric procyanidins. Based on forecasting profile analysis, one should expect high values of hydroxycarboxylic acids, flavonols and flavan-3-ols only in the early stages of grape berry ripening, and oligomeric procyanidins in the later dates of ripening. The maximum quantity of stilbenes should be expected in interspecific grape varieties in the early stages of berry ripening, in autochthonous varieties – in the later stages. By manipulating the affect conformity in natural lows of both individual factors and their combinations, one can predict the desired effect and achieve the optimal qualitative and quantitative ratio of various groups of phenolic compounds in the grape plants.

Key words: GRAPES, PHENOLIC SUBSTANCES, PLANT ORGAN, VARIETY ORIGIN, BERRY COLOR, RIPENING PERIOD, ANALYSIS OF VARIANCE

Введение. Потребление винограда и его продуктов связывают со снижением частоты сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Особый интерес исследователей вызывают фенольные соединения винограда, поскольку они обладают биологической активностью и, как следствие, антиоксидантными, кардиозащитными, противоопухолевыми, противовоспалительными и антимикробными свойствами [1-5]. Фенольные соединения составляют разнообразную группу вторичных метаболитов, которые присутствуют как в самом винограде, так и в продуктах его переработки: вине и соке [6-8].

Фенольные вещества в основном сконцентрированы в кожице, побеге, листьях и семенах винограда [9]. На содержание фенольных соединений в винограде влияет широкий спектр параметров, таких как происхождение сорта, длина вегетационного периода, условия выращивания (экологические и климатические условия, болезни растений, тип почвы, место производства, степень зрелости, агротехнические приемы). Исследование факторов, влияющих на образование фенольных соединений в растениях винограда на разных этапах вегетационного периода, дает возможность достигать наилучшего результата – оптимального качественного и количественного соотношения фенольных соединений [10, 11].

Одним из главных факторов, влияющих на содержание биологически активных веществ, могут быть сортовые особенности винограда [12-15]. Между сортами обнаружены значимые различия по количеству фенолов [16-19]. Различные органы виноградной лозы накапливают большое количество фенольных соединений и поэтому могут быть сырьем для фармацевтических препаратов или функциональных пищевых продуктов [20-22]. В частности, в листьях винограда обнаружено высокое содержание фенолов – до 14,22 мг/г свежих листьев [23]. Выявлены положительные и отрицательные корреляции между различными фенольными соединениями в листьях и ягодах винограда [24].

Целью данной работы являлась оценка влияния факторов «орган растения», «происхождение сорта», «окраска ягоды» и «срок созревания» на

содержание фенольных соединений в растениях винограда с помощью методов статистической обработки.

Объекты и методы исследований. Материал для определения содержания фенольных соединений в растениях винограда в виде образцов виноградных листьев и ягод взят с ампелографической коллекции института «Магарач» в 2013 году. Насаждения расположены в с. Вилино Бахчисарайского р-на Республики Крым – предгорная почвенно-климатическая зона, западный предгорно-приморский природный виноградарский район. Почвенно-климатические условия этого региона являются благоприятными для возделывания винограда всех сроков созревания без укрытия кустов на зиму. Средний возраст кустов на винограднике 30 лет, схема посадки $3,0 \times 1,5$ м, прививка на филлоксероустойчивом подвое Берландиери \times Рипариа Кобер 5ББ. Кусты сформированы на одноплоскостной шпалере с высотой штамба 70-75 см веерным способом.

Исследовали сорта технического направления использования. С насаждений каждого сорта, представленного в коллекции 10 кустами, собирали рендомизированно по 250 г ягод и по 30 листьев в 3-х повторностях, на протяжении сентября 2013 г., по срокам созревания. Листья собирали в те же сроки, что и ягоды. Качественный и количественный состав фенольных соединений различных органов винограда изучен методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Shimadzu LC 20 Prominence (Япония) [8, 25]. Результаты анализа содержания фенольных соединений в ягодах и листьях пересчитывали с учетом коэффициента разбавления при экстракции в мг на 1 кг сырой массы образцов.

Исследовали общее содержание оксикарбоновых кислот (галловая, кафтаровая, кофейная, каутаровая кислоты); флавонолов (кверцетин, кверцетин-3-О-гликозид, кемпферол); флаван-3-олов ((+)-D-катехин, (-)-эпикатехин); олигомерных процианидинов (процианидин В1, процианидин В2,

процианидин В3, процианидин В4, процианидин В5, процианидин В6, процианидин В7, процианидин В8); стильбенов (транс-ресвератрол, транс-ресвератрол-3-гликозид).

Исследование изменчивости содержания фенольных соединений проведено по плану полного четырехфакторного эксперимента, всего 36 вариантов сочетания разных факторов в трехкратной аналитической повторности.

Фактор «орган растения»: 2 варианта, листья и ягоды.

Фактор «происхождение сорта»: 3 варианта, для эксперимента использовали 18 сортов винограда:

– автохтонные сорта Крыма вида *Vitis vinifera* (Джеват Кара, Кефесия, Кокур белый, Крона, Сары Пандас, Шабаш);

– интродуцированные сорта вида *Vitis vinifera* (Каберне Совиньон, Мальбек, Рислинг рейнский, Сира, Совиньон белый, Шардоне);

– сорта селекции института «Магарач» сложного межвидового происхождения, созданные на основе большого количества культурных сортов и диких видов в пределах рода *Vitis* (Альминский, Антей магарачский, Памяти Голодриги, Первенец Магарача, Рислинг Магарача, Цитронный Магарача).

Фактор «окраска ягоды»: 2 варианта, белая окраска ягоды (сорта Кокур белый, Сары Пандас, Шабаш, Рислинг рейнский, Совиньон белый, Шардоне, Первенец Магарача, Рислинг Магарача, Цитронный Магарача) и черная окраска ягоды (сорта Джеват Кара, Кефесия, Каберне Совиньон, Крона, Мальбек, Сира, Альминский, Антей магарачский, Памяти Голодриги).

Фактор «срок созревания»: 3 варианта, по массовой концентрации сахаров в ягодах: 1-й срок созревания – массовая концентрация сахаров 120 г/дм³, 2-й срок – массовая концентрация сахаров 160 г/дм³, 3-й срок – массовая концентрация сахаров 190 г/дм³ для сортов с белой ягодой и 210 г/дм³ для сортов с черной ягодой.

Для обработки данных использовали пакет прикладных программ Statistica 10 («StatSoft», Inc., США). Применяли дисперсионный анализ

[26, 27], модуль «Общие регрессионные модели» (GRM). Графики значений функции желательности построены для факторов происхождения сорта и срока созревания, что позволяет определить, как желательность отклика изменяется от комбинаций точек для данной пары факторов при условии, что все другие факторы зафиксированы на текущих уровнях.

Обсуждение результатов. Многомерные критерии значимости, полученные в результате статистической обработки данных, показывают достоверное влияние на содержание фенольных соединений в растениях винограда факторов: «орган растения» (значение критерия Уилкса 0,256, $p = 0$), «происхождение сорта» (значение критерия Уилкса 0,794, $p = 0,042$) и «срок созревания» (значение критерия Уилкса 0,718, $p = 0$). Варианты фактора «окраска ягоды» существенно не отличались друг от друга по силе действия на показатели фенольных соединений (значение критерия Уилкса 0,965, $p = 0,709$).

Из всех 11 вариантов взаимодействия факторов между собой значимыми для дисперсионного анализа массива данных следует признать только 2 варианта: «орган растения» и «срок созревания» (значение критерия Уилкса 0,732, $p = 0$); «орган растения», «происхождение сорта» и «срок созревания» (значение критерия Уилкса 0,786, $p = 0,032$).

Общая корреляция многофакторной модели для содержания оксикарбоновых кислот в растениях винограда достоверна, $R^2 = 0,911$. Исследование позволяет признать, что факторы «орган растения» и «происхождение сорта» достоверно влияют на концентрацию оксикарбоновых кислот (табл. 1). Также достоверным является взаимодействие различных вариантов факторов между собой: «орган растения» и «происхождение сорта»; «орган растения», «происхождение сорта» и «срок созревания»; «орган растения», «окраска ягоды» и «срок созревания». Варианты факторов «окраска ягоды» и «срок созревания» существенно не отличались друг от друга по влиянию на содержание оксикарбоновых кислот. Влияние факторов

«окраска ягоды», «срок созревания» и большинства случаев взаимодействия различных вариантов факторов на количество оксикарбоновых кислот оказалось недостоверным.

Таблица 1 – Результаты четырехфакторного дисперсионного анализа изменчивости содержания оксикарбоновых кислот в растениях винограда

Источник изменчивости	Степень свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	F	p
Орган растения	1	7186608	7186608	120,5638	0,000000
Происхождение сорта	2	538517	269259	4,5171	0,013700
Взаимодействие органа растения и происхождения сорта	2	417445	208722	3,5016	0,034623
Взаимодействие органа растения, происхождения сорта и срока созревания	2	370540	185270	3,1081	0,049862
Взаимодействие органа растения, окраски ягоды и срока созревания	1	256364	256364	4,3008	0,041157
Случайная изменчивость	84	5007101	59608		
Всего	107	56267807			

Примечание: приведены версии факторов, значимые на уровне $p < 0,05$

Анализ профиля предсказания (рис. 1) позволяет прогнозировать высокие значения оксикарбоновых кислот (по первичным данным, до 204,2 мг/кг в ягодах и до 2088,5 мг/кг в листьях) у интродуцированных сортов и у межвидовых сортов винограда только в ранние сроки созревания ягод. Для автохтонных сортов следует искать другие факторы воздействия на увеличение содержания оксикарбоновых кислот. Исследования показали, что оксикарбоновые кислоты – основные фенольные кислоты, встречающиеся у различных сортов винограда [28]. Эти соединения частично ответственны за вяжущие свойства как винограда, так и вина [9].

Общая корреляция модели для содержания флавонолов в растениях винограда достоверна, $R^2 = 0,922$. Показано, что факторы «орган растения» и «срок созревания» достоверно влияют на концентрацию флавонолов (табл. 2). Также достоверным является взаимодействие вариантов факторов: «орган рас-

тения» и «срок созревания»; «происхождение сорта» и «срок созревания»; «орган растения», «происхождение сорта» и «срок созревания». Влияние факторов «происхождение сорта», «окраска ягоды» и большинства случаев взаимодействия факторов между собой на содержание флавонолов недостоверно.

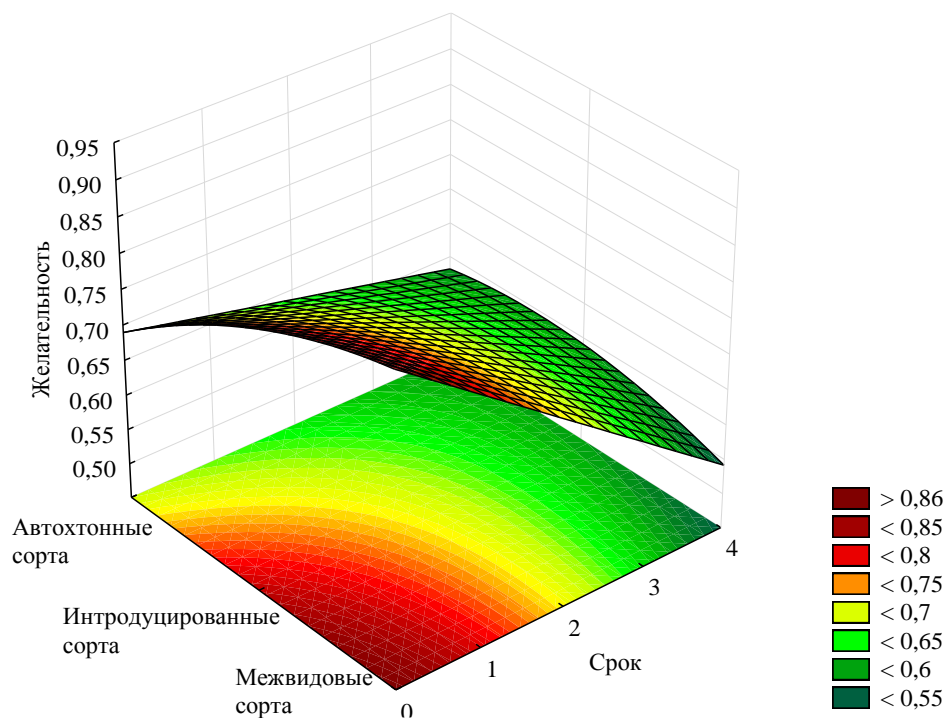


Рис. 1. Значения функции желательности оксикарбоновых кислот в растениях винограда для факторов происхождения сорта и срока созревания

Таблица 2 – Результаты четырехфакторного дисперсионного анализа изменчивости содержания флавонолов в растениях винограда

Источник изменчивости	Степень свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	F	p
Орган растения	1	938763654	938763654	209,5940	0,000000
Срок созревания	2	44514802	22257401	9,9386	0,002244
Взаимодействие органа растения и срока созревания	1	45181543	45181543	10,0875	0,002088
Взаимодействие происхождения сорта и срока созревания	2	28393336	14196668	3,1696	0,047088
Взаимодействие органа растения, происхождения сорта и срока созревания	2	28350118	14175059	3,1648	0,047300
Случайная изменчивость	84	37623284	4478962		
Всего	107	4855649342			

Примечание: приведены версии факторов, значимые на уровне $p < 0,05$

Исходя из графика функции желательности (рис. 2), следует ожидать высоких значений флавонолов у межвидовых и интродуцированных сортов в основном в ранние сроки созревания ягод (по первичным данным, до 210,7 мг/кг в ягодах и до 22044,7 мг/кг в листьях).

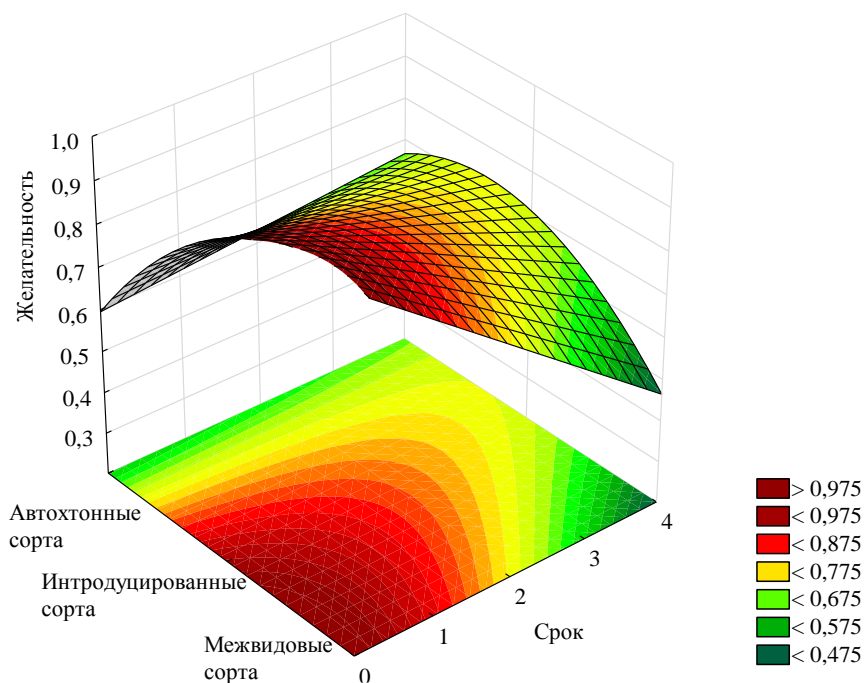


Рис. 2. Значения функции желательности флавонолов в растениях винограда для факторов происхождения сорта и срока созревания

Для автохтонных сортов прогнозы в отношении высокого содержания флавонолов являются пессимистичными. Флавоноиды – широко распространенные полифенолы, которые обладают биологическими свойствами, включающими антиоксидантную, противовоспалительную, противораковую, антимикробную, противовирусную, кардиопротекторную, нейропротекторную и гепатозащитную активность. Обсуждаются преимущества современной биотехнологии на основе растительных клеток как альтернативного метода производства виноградных флавоноидов-нугрицевтиков и улучшения их оздоровительных качеств [29, 30].

Корреляция модели для содержания флаван-3-олов в растениях винограда достоверна, $R^2 = 0,451$. Факторы «орган растения» и «срок созревания» достоверно влияют на концентрацию флаван-3-олов (табл. 3). Влияние

факторов «происхождение сорта», «окраска ягоды» и взаимодействия факторов между собой на количество флаван-3-олов недостоверно.

Таблица 3 – Результаты четырехфакторного дисперсионного анализа изменчивости содержания флаван-3-олов в растениях винограда

Источник изменчивости	Степень свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	F	p
Орган растения	1	983747	983747	10,3718	0,001820
Срок созревания	2	1806964	903482	19,0512	0,000036
Случайная изменчивость	84	7967216	94848		
Всего	107	14524774			

Примечание: приведены версии факторов, значимые на уровне $p < 0,05$

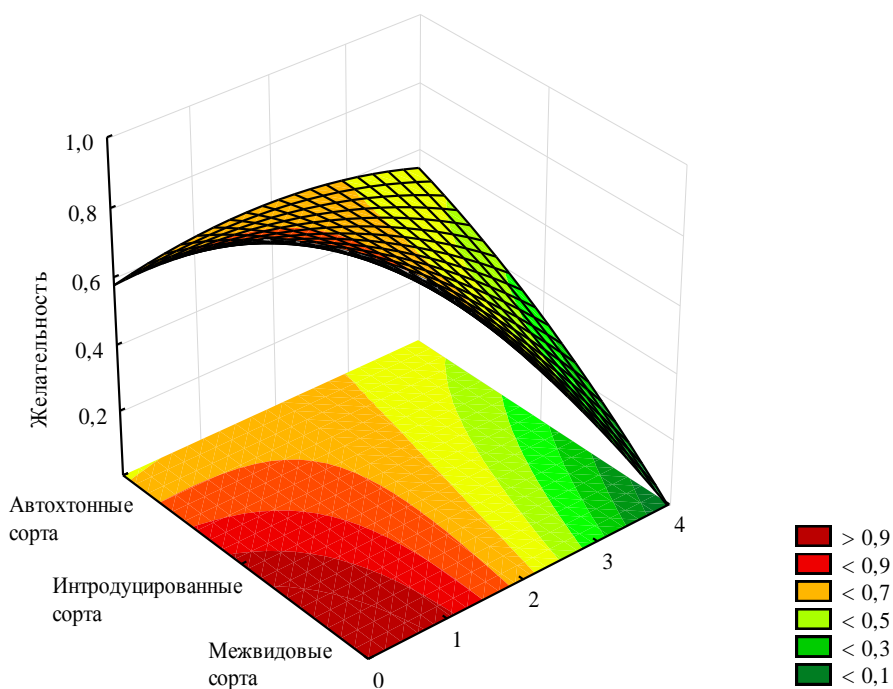


Рис. 3. Значения функции желательности флаван-3-олов в растениях винограда для факторов происхождения сорта и срока созревания

Исходя из анализа графика функции желательности (рис. 3), следует, что высоких значений флаван-3-олов можно достигнуть у интродуцированных сортов (по первичным данным, до 656,8 мг/кг в ягодах и до 2060,2 мг/кг в листьях) и у межвидовых сортов (по первичным данным, до 987,5 мг/кг в ягодах и 1868,8 мг/кг в листьях) только в ранние сроки созревания ягод.

Наиболее распространенные в природе флаван-3-олы – (+)-D-катехин и (-)- эпикатехин, которые присутствуют в кожице и семенах винограда [9, 28].

Общая корреляция многофакторной модели для содержания стильбенов в растениях винограда достоверна, $R^2 = 0,843$. Факторы «орган растения» и «срок созревания» влияют на концентрацию стильбенов достоверно (табл. 4). Достоверным является и взаимодействие вариантов факторов, таких как «орган растения» и «срок созревания»; «происхождение сорта» и «срок созревания»; «орган растения», «происхождение сорта» и «срок созревания». Влияние факторов «происхождение сорта», «окраска ягоды» и большинства случаев взаимодействия факторов между собой на количество стильбенов недостоверно.

Таблица 4 – Результаты четырехфакторного дисперсионного анализа изменчивости содержания стильбенов в растениях винограда

Источник изменчивости	Степень свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	F	p
Орган растения	1	14643,2	14643,20	24,87001	0,000003
Срок созревания	2	4329,2	2164,6	7,35263	0,008119
Взаимодействие органа растения и срока созревания	1	4206,0	4205,97	7,14342	0,009037
Взаимодействие происхождения сорта и срока созревания	2	4713,3	2356,65	4,00253	0,021859
Взаимодействие органа растения, происхождения сорта и срока созревания	2	5346,6	2673,28	4,54030	0,013417
Случайная изменчивость	84	49458,3	588,79		
Всего	107	314957,3			

Примечание: приведены версии факторов, значимые на уровне $p < 0,05$

График функции желательности (рис. 4) демонстрирует кардинальное различие прогнозов в отношении стильбенов у межвидовых и автохтонных сортов: если у межвидовых сортов следует ожидать максимального количества в ранние сроки созревания ягод (по первичным данным, в листьях до 187,6 мг/кг), то у автохтонных сортов желательный отклик может быть в

поздние сроки (по первичным данным, в листьях до 193,9 мг/кг). Полученные результаты подтверждаются другими исследованиями. Самым известным стилбеном является транс-ресвератрол, его концентрация значительно снижается после созревания ягод [9]. Антиоксидантная активность образцов винограда коррелирует, прежде всего, с содержанием транс-ресвератрола [17].

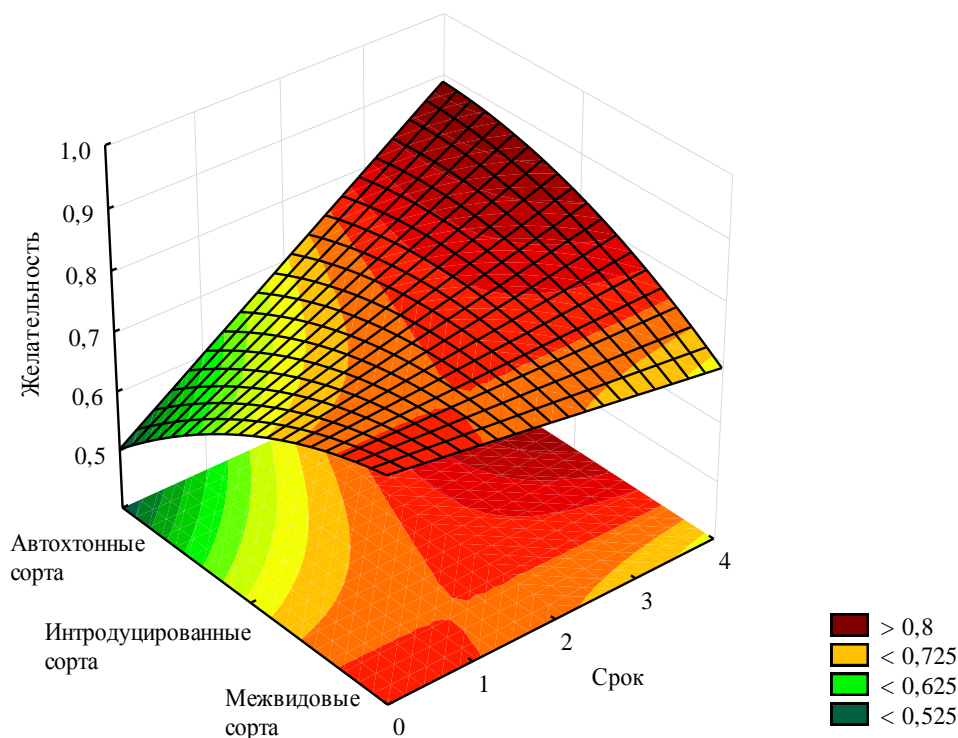


Рис. 4. Значения функции желательности стилбенов в растениях винограда для факторов происхождения сорта и срока созревания

Для содержания олигомерных процианидинов в растениях винограда общая корреляция многофакторной модели достоверна, $R^2 = 0,491$. Показано, что только взаимодействие факторов «орган растения» и «срок созревания» достоверно влияет на концентрацию олигомерных процианидинов (табл. 5). Варианты факторов «орган растения», «происхождение сорта», «окраска ягоды» и «срок созревания» существенно не отличались друг от друга по влиянию на содержание олигомерных процианидинов. Влияние факторов «орган растения», «происхождение сорта», «окраска ягоды», «срок созревания» и большинства случаев взаимодействия факторов на количество олигомерных процианидинов оказалось недостоверным.

Таблица 5 – Результаты четырехфакторного дисперсионного анализа изменчивости содержания олигомерных процианидинов в растениях винограда

Источник изменчивости	Степень свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	F	p
Взаимодействие органа растения и срока созревания	1	2332404	2332404	4,30289	0,041109
Случайная изменчивость	84	45532669	542056		
Всего	107	89539736			

Примечание: приведены версии факторов, значимые на уровне $p < 0,05$

График поверхности функции желательности (рис. 5) позволяет ожидать высоких значений олигомерных процианидинов у всех сортов, независимо от их происхождения, в поздние сроки созревания ягод (по первичным данным, в листьях до 5216,3 мг/кг). Процианидины обнаружены в остаточных количествах в твердых компонентах и в мякоти винограда; их количество, структура и степень полимеризации зависят от конкретной локализации в виноградных тканях [9].

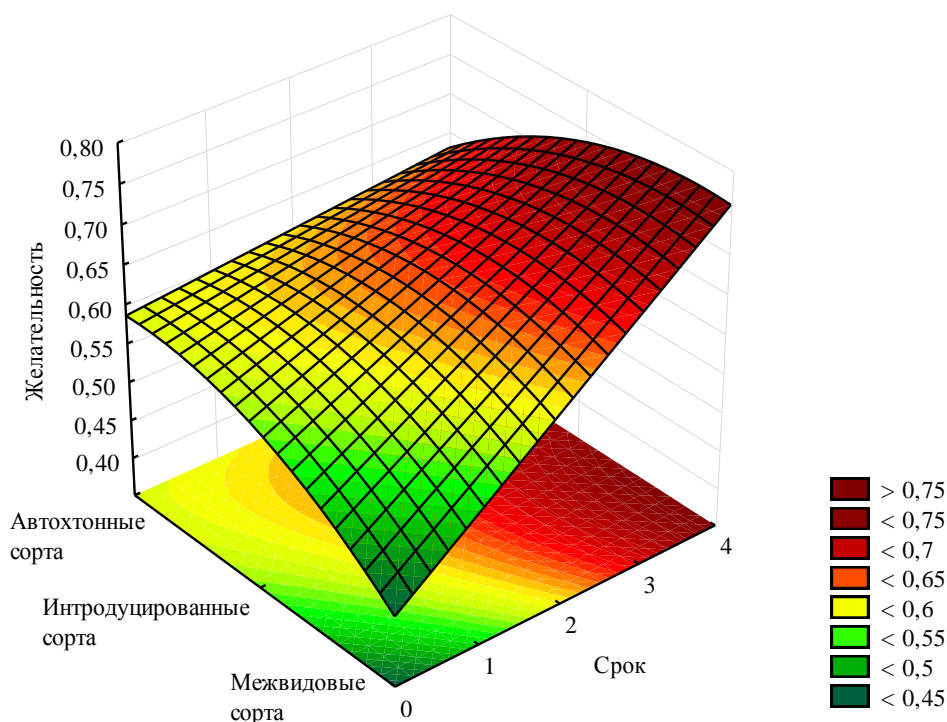


Рис. 5. Значения функции желательности олигомерных процианидинов в растениях винограда для факторов происхождения сорта и срока созревания

Выводы. Исследование факторов, влияющих на накопление фенольных соединений в растениях винограда, в динамике дает возможность управлять их качественным и количественным соотношением. Результаты дисперсионного анализа содержания соединений фенольных групп в растениях винограда показали, что влияние факторов «орган растения», «происхождение сорта» и «срок созревания» на показатели этих веществ является достоверным. Фактор «окраска ягоды» влиял только на концентрацию оксикарбоновых кислот, при взаимодействии с факторами «орган растения» и «срок созревания». Варианты факторов «орган растения» и «срок созревания» существенно отличались друг от друга по влиянию на содержание флавонолов, флаван-3-олов и стильбенов. Взаимодействие различных вариантов факторов между собой достоверно влияло на количество оксикарбоновых кислот, флавонолов, стильбенов и олигомерных процианидинов.

Полученные результаты могут применяться при проведении селекционных работ по созданию сортов винограда с повышенным содержанием отдельных групп фенольных соединений, что позволит целенаправленно получать сырьевой материал для производства функциональных продуктов питания, обладающих биологической активностью. Манипулируя закономерностями воздействия как отдельных факторов, так и их сочетаний, можно прогнозировать желательный эффект и достигать оптимального качественного и количественного соотношения различных групп фенольных соединений.

Литература

1. Зайцев Г.П., Катрич Л.И., Огай Ю.А. Полифенольные биологически активные компоненты красного сухого винограда сорта Каберне-Совиньон и пищевого концентрата «Эноант» // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2010. № 3. С. 25-27.
2. Фенольный состав и антиоксидантная активность виноградных соков и винограда / М.Г. Ткаченко [и др.] // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2012. № 4. С. 29-31.

3. Castellarin S.D., Bavaresco L., Falginella L., Gonçalves M.I.V.Z., Di Gaspero G. Phenolics in Grape Berry and Key Antioxidants //The Biochemistry of the grape berry. Ed. H. Gerós, M. Chaves, S. Delrot. Bussum: Bentham Science, 2012. P. 89-110. DOI: 10.2174/978160805360511201010089.

4. Daglia M. Polyphenols as antimicrobial agents. Current Opinion in Biotechnology. 2012. № 23(2). P. 174-181. DOI: 10.1016/j.copbio.2011.08.007.

5. Xia E.Q., Deng G.F., Guo Y.J., Li H.B. Xia E.Q., Deng G.F., Guo Y.J., Li H.B. Biological activities of polyphenols from grapes. International Journal of Molecular Sciences. 2010. V.11(2). P. 622-646. DOI: 10.3390/ijms11020622.

6. Исследование полифенольного состава продуктов из сортов винограда с целью повышения биологической ценности их использования [Электронный ресурс] / М.А. Вьюгина [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2015. № 33(3). С. 104-115. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/15/03/11.pdf>. (дата обращения: 06.08.2020).

7. Оценка отходов виноделия как вторичного сырья для производства пищевых продуктов с повышенной биологической активностью / О.А. Чурсина [и др.] // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2014. № 2. С. 33-36.

8. Natividade M.M.P., Corrêa L.C., Souza S.V.C., Pereira G.E., Lima L.C.O. Simultaneous analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for HPLC: Method validation and characterization of São Francisco Valley samples. Microchemical Journal. 2013. V.110. P. 665-674. DOI: 10.1016/j.microc.2013.08.010.

9. Garrido J., Borges F. Wine and grape polyphenols – A chemical perspective. Food Research International. 2013. V.54. P. 1844-1858. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.08.010.

10. Fang F., Li J.-M., Zhang P., Tang K., Wang W., Pan Q.-H., Huang W.-D. Effects of grape variety, harvest date, fermentation vessel and wine ageing on flavonoid concentration in red wines. Food Research International. 2008. V. 41(1). P. 53-60. DOI: 10.1016/j.foodres.2007.09.004.

11. Martínez-Lüscher J., Chen C.C.L., Brillante L., Kurtural S.H. Partial solar radiation exclusion with color shade nets reduces the degradation of organic acids and flavonoids of grape berry (*Vitis vinifera* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. V.65. P.10693-10702. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b04163.

12. Клименко В.П. Источники хозяйственно ценных признаков винограда // Виноградарство и виноделие. 2006. № 36. С. 9-13.

13. Клименко В.П. Вторичный отбор в генофонде винограда // Виноградарство и виноделие. 2012. № 4. С. 14-17.

14. Полулях А.А., Волынкин В.А., Лиховской В.В. Генетические ресурсы винограда Института «Магарач». Проблемы и перспективы сохранения // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 21(6). С. 608-616.

15. Volynkin V.A., Levchenko S.V., Poluliah A.A., Likhovskoi V.V. Models for estimation of the existing grapevine gene pool biodiversity and for the breeding of new cultivars. Acta Horticulturae. 2018. V. 1190(3). P. 15-20. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1190.3.

16. Специфичность фенольного комплекса сортов винограда сложной генетической структуры / С.В. Левченко [и др.] // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2009. № 2. С. 9-11.

17. Burin V.M., Ferreira-Lima N.E., Panceri C.P., Bordignon-Luiz M.T. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca* grapes: Evaluation of different extraction methods. Microchemical Journal. 2014. V.114. P.155-163. DOI: 10.1016/j.microc.2013.12.014.

18. Levchenko S.V., Likhovskoi V.V., Vasylyk I.A., Volynkin V.A. Phenolic compounds in the Crimean autochthonous grape varieties: Fruits for the Future: Book of Abstracts. 2017. P. 50.

19. Mota A., Pinto J., Fartouche I., Correia M. J., Costa R., Carvalho R., Aires A., Oliveira A.A. Chemical profile and antioxidant potential of four table grape (*Vitis vinifera*) cultivars grown in Douro region, Portugal. *Ciência e Técnica Vitivinícola*. 2018. V. 33(2). P.125-135. DOI: 10.1051/ctv/20183302125.

20. Apostolou A., Stagos D., Galitsiou E., Spyrou A., Haroutounian S., Portesis K., Trizoglu I., Hayes A.W., Tsatsakis A.M., Kouretas D. Assessment of polyphenolic content, antioxidant activity, protection against ROS-induced DNA damage and anticancer activity of *Vitis vinifera* stem extracts. *Food and Chemical Toxicology*. 2013. V.61. P. 60-68. DOI: 10.1016/j.fct.2013.01.029.

21. Doshi P., Adsule P., Banarjee K. Phenolic composition and antioxidant activity in grapevine parts and berries (*Vitis vinifera* L.) cv. Kishmish Chornyi (Sharad Seedless) during maturation. *International Journal of Food Science and Technology*. 2006. V. 41(1). P.1-9. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.01214.x.

22. Nile Sh., Kim S.H., Ko E.S., Park S.W. Polyphenolic Contents and Antioxidant Properties of Different Grape (*V. vinifera*, *V. labrusca*, and *V. hybrid*) Cultivars. *BioMed Research International*. 2013. V.5. P. 718065. URL: <https://doi.org/10.1155/2013/718065> (data obrashcheniya: 06.05.2020).

23. Güler A., Candemir A. Total Phenolic and Flavonoid Contents, Phenolic Compositions and Color Properties of Fresh Grape Leaves. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*. 2014. Special Issue (1). P. 778-782.

24. Взаимосвязь между содержанием фенольных соединений в листьях и в ягодах винограда / В.П. Клименко [и др.] // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2019. № 21(3). С. 198-203.

25. Taware P.B., Dhumal K.N., Oulkar D.P., Patil S.H., Banerjee K. Phenolic alterations in grape leaves, berries, and wines due to foliar and cluster powdery mildew infections. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2010. V. 1(1). P.1-14. DOI: 10.5138/ijaps.2010.0976.1055.01001.

26. Афифи А. Эйзен С. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ. Перевод с англ. Енюкова И.С., Новикова И.Д.; под ред. Г.П. Башарина. М.: Мир, 1982. 488 с.

27. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

28. Meng J.F., Fang Y.L., Qin M.Y., Zhuang X.F., Zhang Z.W. Varietal differences among the phenolic profiles and antioxidant properties of four cultivars of spine grape (*Vitis davidii* Foex) in Chongyi County (China). *Food Chemistry*. 2012. V. 134(4). P. 2049-2056. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.04.005.

29. Georgiev V., Ananga A., Tsoleva V. Recent Advances and Uses of Grape Flavonoids as Nutraceuticals. *Nutrients*. 2014. V. 6(1). P. 391-415. DOI: 10.3390/nu6010391.

30. Hidalgo M., Sanchez-Moreno C., Pascual-Teresa S. Flavonoid-flavonoid interaction and its effect on their antioxidant activity. *Food Chemistry*. 2010. V. 121(3). P. 691-696. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.12.097.

References

1. Zajcev G.P., Katrich L.I., Ogaj Yu.A. Polifenol'nye biologicheski aktivnye komponenty krasnogo suhogo vinomateriala iz vinograda sorta Kaberne-Sovin'on i pishchevogo koncentrata «Enoant» // «Magarach». *Vinogradarstvo i vinodelie*. 2010. № 3. S. 25-27.

2. Fenol'nyj sostav i antioksidantnaya aktivnost' vinogradnyh sokov i vinomaterialov / M.G. Tkachenko [i dr.] // «Magarach». Vinogradarstvo i vinodelie. 2012. № 4. S. 29-31.
3. Castellarin S.D., Bavaresco L., Falginella L., Gonçalves M.I.V.Z., Di Gaspero G. Phenolics in Grape Berry and Key Antioxidants //The Biochemistry of the grape berry. Ed. H. Gerós, M. Chaves, S. Delrot. Bussum: Bentham Science, 2012. P. 89-110. DOI: 10.2174/978160805360511201010089.
4. Daglia M. Polyphenols as antimicrobial agents. Current Opinion in Biotechnology. 2012. № 23(2). P. 174-181. DOI: 10.1016/j.copbio.2011.08.007.
5. Xia E.Q., Deng G.F., Guo Y.J., Li H.B. Xia E.Q., Deng G.F., Guo Y.J., Li H.B. Biological activities of polyphenols from grapes. International Journal of Molecular Sciences. 2010. V.11(2). P. 622-646. DOI: 10.3390/ijms11020622.
6. Issledovanie polifenol'nogo sostava produktov iz sortov vinograda s cel'yu povysheniya biologicheskoy cennosti ih ispol'zovaniya [Elektronnyj resurs] / M.A. V'yugina [i dr.] // Plodovodstvo i vino-gradarstvo Yuga Rossii. 2015. № 33(3). S. 104-115. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/15/03/11.pdf>. (data obrashcheniya: 06.08.2020).
7. Ocenka othodov vinodeliya kak vtorichnogo syr'ya dlya proizvodstva pishchevyh produktov s povyshennoj biologicheskoy aktivnost'yu / O.A. Chursina [i dr.] // «Magarach». Vinogradarstvo i vinodelie. 2014. № 2. S. 33-36.
8. Natividade M.M.P., Corrêa L.C., Souza S.V.C., Pereira G.E., Lima L.C.O. Simultaneous analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for HPLC: Method validation and characterization of São Francisco Valley samples. Microchemical Journal. 2013. V.110. P. 665-674. DOI: 10.1016/j.microc.2013.08.010.
9. Garrido J., Borges F. Wine and grape polyphenols – A chemical perspective. Food Research International. 2013. V.54. P. 1844-1858. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.08.010.
10. Fang F., Li J.-M., Zhang P., Tang K., Wang W., Pan Q.-H., Huang W.-D. Effects of grape variety, harvest date, fermentation vessel and wine ageing on flavonoid concentration in red wines. Food Research International. 2008. V. 41(1). P. 53-60. DOI: 10.1016/j.foodres.2007.09.004.
11. Martínez-Lüscher J., Chen C.C.L., Brillante L., Kurtural S.H. Partial solar radiation exclusion with color shade nets reduces the degradation of organic acids and flavonoids of grape berry (*Vitis vinifera* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. V.65. P.10693-10702. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b04163.
12. Klimenko V.P. Istochniki hozyajstvenno cennyh priznakov vinograda // Vinogradarstvo i vinodelie. 2006. № 36. S. 9-13.
13. Klimenko V.P. Vtorichnyj otbor v genofonde vinograda // Vinogradarstvo i vinodelie. 2012. № 4. S. 14-17.
14. Polulyah A.A., Volynkin V.A., Lihovskoj V.V. Geneticheskie resursy vinograda Instituta «Magarach». Problemy i perspektivy sohraneniya // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. № 21(6). S. 608-616.
15. Volynkin V.A., Levchenko S.V., Polulyah A.A., Likhovskoi V.V. Models for estimation of the existing grapevine gene pool biodiversity and for the breeding of new cultivars. Acta Horticulturae. 2018. V. 1190(3). P. 15-20. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1190.3.
16. Specifichnost' fenol'nogo kompleksa sortov vinograda slozhnoj geneticheskoy struktury / S.V. Levchenko [i dr.] // «Magarach». Vinogradarstvo i vinodelie. 2009. № 2. S. 9-11.

17. Burin V.M., Ferreira-Lima N.E., Panceri C.P., Bordignon-Luiz M.T. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca* grapes: Evaluation of different extraction methods. *Microchemical Journal*. 2014. V.114. P.155-163. DOI: 10.1016/j.microc.2013.12.014.
18. Levchenko S.V., Likhovskoi V.V., Vasylyk I.A., Volynkin V.A. Phenolic compounds in the Crimean autochthonous grape varieties: Fruits for the Future: Book of Abstracts. 2017. P. 50.
19. Mota A., Pinto J., Fartouche I., Correia M. J., Costa R., Carvalho R., Aires A., Oliveira A.A. Chemical profile and antioxidant potential of four table grape (*Vitis vinifera*) cultivars grown in Douro region, Portugal. *Ciência e Técnica Vitivinícola*. 2018. V. 33(2). P.125-135. DOI: 10.1051/ctv/20183302125.
20. Apostolou A., Stagos D., Galitsiou E., Spyrou A., Haroutounian S., Portesis K., Trizoglou I., Hayes A.W., Tsatsakis A.M., Kouretas D. Assessment of polyphenolic content, antioxidant activity, protection against ROS-induced DNA damage and anticancer activity of *Vitis vinifera* stem extracts. *Food and Chemical Toxicology*. 2013. V.61. P. 60-68. DOI: 10.1016/j.fct.2013.01.029.
21. Doshi P., Adsule P., Banarjee K. Phenolic composition and antioxidant activity in grapevine parts and berries (*Vitis vinifera* L.) cv. Kishmish Chornyi (Sharad Seedless) during maturation. *International Journal of Food Science and Technology*. 2006. V. 41(1). P.1-9. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.01214.x.
22. Nile Sh., Kim S.H., Ko E.S., Park S.W. Polyphenolic Contents and Antioxidant Properties of Different Grape (*V. vinifera*, *V. labrusca*, and *V. hybrid*) Cultivars. *BioMed Research International*. 2013. V.5. P. 718065. URL: <https://doi.org/10.1155/2013/718065> (data obrashcheniya: 06.05.2020).
23. Güler A., Candemir A. Total Phenolic and Flavonoid Contents, Phenolic Compositions and Color Properties of Fresh Grape Leaves. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*. 2014. Special Issue (1). P. 778-782.
24. Vzaimosvyaz' mezhdru soderzhaniem fenol'nyh soedinenij v list'yah i v yagodah vinograda / V.P. Klimenko [i dr.] // «Magarach». *Vinogradarstvo i vinodelie*. 2019. № 21(3). S. 198-203.
25. Taware P.B., Dhumal K.N., Oulkar D.P., Patil S.H., Banerjee K. Phenolic alterations in grape leaves, berries, and wines due to foliar and cluster powdery mildew infections. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2010. V. 1(1). P.1-14. DOI: 10.5138/ijaps.2010.0976.1055.01001.
26. Afifi A. Ejzen S. Statisticheskij analiz: Podhod s ispol'zovaniem EVM. *Perevod s angl.* Enyukova I.S., Novikova I.D.; pod red. G.P. Basharina. M.: Mir, 1982. 488 s.
27. Lakin G.F. *Biometriya*. M.: Vysshaya shkola, 1990. 352 s.
28. Meng J.F., Fang Y.L., Qin M.Y., Zhuang X.F., Zhang Z.W. Varietal differences among the phenolic profiles and antioxidant properties of four cultivars of spine grape (*Vitis davidii* Foex) in Chongyi County (China). *Food Chemistry*. 2012. V. 134(4). P. 2049-2056. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.04.005.
29. Georgiev V., Ananga A., Tsoleva V. Recent Advances and Uses of Grape Flavonoids as Nutraceuticals. *Nutrients*. 2014. V. 6(1). P. 391-415. DOI: 10.3390/nu6010391.
30. Hidalgo M., Sanchez-Moreno C., Pascual-Teresa S. Flavonoid-flavonoid interaction and its effect on their antioxidant activity. *Food Chemistry*. 2010. V. 121(3). P. 691-696. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.12.097.