

УДК 663.253.4

DOI 10.30679/2219-5335-2023-6-84-178-193

**МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ
КАК МАРКЕР ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ
ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ВИН
ЗАЩИЩЕННЫХ НАИМЕНОВАНИЙ
МЕСТ ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

Бурцев Борис Викторович
канд. техн. наук
старший научный сотрудник
научного центра «Виноделие»
e-mail: borisburtsev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9755-5384>

Тихонова Анастасия Николаевна
канд. техн. наук
заведующая лабораторией виноделия
старший научный сотрудник
научного центра «Виноделие»
e-mail: anastasia.he@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3509-3345>

Антоненко Михаил Викторович
канд. техн. наук
старший научный сотрудник
научного центра «Виноделие»
e-mail: antonenko84@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9917-2707>

Резниченко Кристина Вячеславовна
канд. техн. наук
научный сотрудник
научного центра «Виноделие»
e-mail: rezkris@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6109-9564>

*Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»,
Краснодар, Россия*

В работе рассмотрены методы идентификации вин по региональному признаку, состоящие в установлении связи компонентного состава вин и почв, соответствующих области произрастания винограда. Показано, что маркерами региональной принадлежности могут

UDC 663.253.4

DOI 10.30679/2219-5335-2023-6-84-178-193

**MINERAL COMPOSITION
AS A MARKER OF TERRITORIAL
AFFILIATION OF WINES
OF PROTECTED DESIGNATIONS
OF ORIGIN**

Burtsev Boris Viktorovich
Cand. Tech. Sci.
Senior Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: borisburtsev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9755-5384>

Tikhonova Anastasia Nikolaevna
Cand. Tech. Sci.
Head of Wine Laboratory,
Senior Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: anastasia.he@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3509-3345>

Antonenko Mikhail Viktorovich
Cand. Tech. Sci.
Senior Research Associate
of CS «Wine-making»
e-mail: antonenko84@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9917-2707>

Reznichenko Kristina Vyacheslavovna
Cand. Tech. Sci.
Research Associate
of CS «Wine-making»
e-mail: rezkris@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6109-9564>

*Federal State Budget
Scientific Institution
«North Caucasian Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making»,
Krasnodar, Russia*

The paper discusses methods for identifying wines based on regional characteristics, which consists of establishing a connection between the component composition of wines and soils corresponding to the area where grapes grow. It has been shown that markers of regional affiliation can be

выступать компоненты, содержание которых в винах практически не меняется в процессе производства. Представлены результаты изучения минерального состава вин производства винодельческого предприятия ООО Имение «Сикоры». Методами атомно-абсорбционной спектроскопии с помощью спектрометра «Квант Z» (НПФ ООО «КОРТЭК», Россия) в ходе исследований по атомным спектрам испускания и поглощения определены 12 элементов металлов (Al, Ba, Co, Cr, Cs, Li, Mg, Mn, Na, Sr, Rb, Zn). Также проведено исследование минерального состава образцов почв виноградников, на которых произрастал виноград, использованный для производства вина. При помощи методов корреляционного и кластерного анализа, а также с помощью алгоритма «случайный лес» (для образцов вин исходными данными являлись содержание элементов и их попарные соотношения) выявлено, что минеральный состав может служить маркером региональной принадлежности винодельческой продукции, поскольку исследуемые образцы вина в пределах каждого сорта имеют стабильный минеральный состав вне зависимости от года урожая (корреляции между годом и содержанием элементов имеют незначительные величины), определенный особенностями участка, на котором произрастает виноград. Количественное определение составляющих минерального комплекса в сочетании с математической обработкой результатов позволяет с достаточной степенью вероятности установить происхождение вин. Минеральный состав исследованных вин является уникальным и определяется особенностями почв участков виноградников географического объекта «Семигорье».

Ключевые слова: МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ, ВИНА, ПОЧВЫ, МАРКЕРЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ, КАТИОНЫ МЕТАЛЛОВ, МАКРОЭЛЕМЕНТЫ, МИКРОЭЛЕМЕНТЫ, КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ, КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ

components whose content in wines practically does not change during the production process. The results of a study of the mineral composition of wines produced by the winemaking enterprise ООО “Imenie Sikory” are presented. Using atomic absorption spectroscopy using the Kvant Z spectrometer (NPF ООО “KORTEK”, Russia), 12 metal elements (Co, Mn, Rb, Cr, Cs, Al, Ba, Zn, Sr, Li, Na, Mg) were determined in the course of studies on atomic emission and absorption spectra. A study was also conducted of the mineral composition of soil samples from vineyards where grapes used for wine production grew. Using the methods of correlation and cluster analysis, as well as using the “random forest” algorithm (for wine samples, the initial data were the content of elements and their pairwise ratios), it was revealed that the mineral composition can serve as a marker of the regional affiliation of wine products, since the studied wine samples are within each variety have a stable mineral composition, regardless of the year of harvest (correlations between the year and the content of elements are insignificant), determined by the characteristics of the site where the grapes grow. Quantitative determination of the components of the mineral complex in combination with mathematical processing of the results allows us to establish the origin of the wines with a reasonable degree of probability. The mineral composition of the studied wines is unique and is determined by the soil characteristics of the vineyard areas of the “Semigorye” geographical object.

Key words: MINERAL COMPOSITION, WINES, SOILS, REGIONAL MARKERS, METAL CATIONS, MACROELEMENTS, MICROELEMENTS, CORRELATION ANALYSIS, CLUSTER ANALYSIS

Введение. В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем в области дальнейшего развития виноградовинодельческой отрасли является установление подлинности винодельческой продукции, что особенно актуально с учетом предпринимаемых регулируемыми государственными органами усилий по недопущению проникновения недоброкачественной продукции на потребительский рынок.

Установление подлинности винодельческой продукции является непростой задачей, высокая сложность которой определяется двумя основными причинами. Во-первых, непостоянство химического состава исходного сырья, используемого при производстве винодельческой продукции, поскольку на формирование виноградного растения влияет множество разнородных факторов – различные по годам погодные условия, характеризующиеся разными суммами активных температур в период созревания винограда, изменения периодичности и количества осадков, изменения преобладающих направлений движения воздушных масс, кроме того, сезонные изменения в составе почв, различные агротехнологические мероприятия, проводимые на виноградниках в зависимости от внешних условий и физиологического состояния виноградных растений. Во-вторых, состав сырья значительно изменяется в ходе технологического процесса производства вина, применение различных режимов и параметров обработки, различных вспомогательных материалов, условия винификации и выдержки значительно влияют на состав винодельческой продукции [1-6].

В настоящее время подлинность вин определяется на основе оценки содержания в них легколетучих органических соединений, а также некоторых неорганических катионов и анионов [7-11]. Идентификация вин по региональному признаку состоит в установлении взаимосвязи компонентного состава вин и почв, соответствующих области произрастания винограда [12-16]. Однако, несмотря на современный мультиэлементный метод анализа и

исследование большого количества вин ЗГУ, общие модели могут не подходить, чтобы отличать вина с аналогичными химическими характеристиками [15].

Существует многообещающая попытка создания математических моделей по обнаружению закономерностей распределения образцов вин по различным хроматическим параметрам для географической классификации вина [16]. Маркерами региональной принадлежности могут выступать компоненты, содержание которых в винах практически не меняется в процессе производства напитка.

Исследовательские работы по определению объективных характеристик, отвечающих за территориальную принадлежность вин географических указаний (ЗГУ) и вин защищенных наименований мест происхождения (ЗНМП) как в Европе (по аналогичным категориям), так и в России, в основном направлены на изучение минерального состава вина, определение концентраций его отдельных компонентов и соотношений между ними, а также установление определенных параметров, соответствие которым позволит подтвердить либо опровергнуть принадлежность идентифицируемого образца вина к определенному району производства [18-22].

Очевидно, что для каждого отдельного региона необходима количественная оценка минерального состава вина, и в первую очередь, катионного состава, определение соотношений составляющих этого комплекса, выявление отдельных веществ, которые могут стать «маркерами» определенной местности [5, 8, 10]. При работе с виноградными винами необходимо учитывать изменение ряда катионов металлов при технологических обработках с целью осветления или обеспечения устойчивости против помутнений. К числу таких катионов металлов относятся железо, медь, калий, кальций, а также (частично) цинк и магний. В связи с этим в качестве маркеров могут быть использованы только те катионы металлов, которые не претерпевают изменений при технологических обработках [6, 8].

Цель работы – определение отдельных компонентов и соотношений минерального комплекса виноградных вин, выработанных винодельческим предприятием ООО Имение «Сикоры» с целью установления уникальности географического объекта «Семигорье». Также проведено исследование минерального комплекса образцов почв виноградников, на которых произрастал виноград, использованный для производства вина.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследования использовали белые и красные столовые вина ООО Имение «Сикоры» 19 наименований. Методами атомно-абсорбционной спектроскопии с помощью спектрометра «Квант Z» (НПФ ООО «КОРТЭК», Россия) были определены 12 элементов металлов (Al, Ba, Co, Cr, Cs, Li, Mg, Mn, Na, Sr, Rb, Zn) по атомным спектрам испускания и поглощения. Защитный газ – аргон. Расход аргона не более 0,5 л/мин. Массовую концентрацию ионов аммония определяли методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель105 М» (ГК «Люмэкс», Россия). Определение в винах таких элементов как калий, кальций, железо, медь не проводили, поскольку содержание данных металлов значительно изменяется в результате технологических обработок, применяемых при стабилизации вина. Статистическую обработку экспериментальных данных – корреляционный и кластерный анализы проводили по методикам [23, 24].

Обсуждение результатов. По результатам исследования компоненты минерального состава были разделены на 2 подгруппы в соответствии с концентрацией входящих в них элементов: макроэлементы, концентрацию которых оценивают в мг/дм³, и микроэлементы, концентрацию которых оценивают в мкг/дм³.

В результате проведенных исследований установлено, что содержание минеральных веществ в красных винах превышает этот показатель для

белых почти в 3 раза, что является характерной отличительной чертой вин ООО Имение «Сикоры», обусловленной уникальными природными условиями географического объекта «Семигорье». В многочисленных работах по исследованию минерального состава вин других регионов России [6, 8, 10] данное соотношение не выходило за пределы интервала 1,3-1,8. Необходимо отметить крайне низкое содержание в исследованных образцах рубидия – от 0,37 до 0,85 мг/дм³ для красных вин и от 0,16 до 0,29 мг/дм³ для белых, что также является уникальными особенностями географического объекта «Семигорье».

Земли географического объекта «Семигорье» расположены на дерново-карбонатных почвах, которые сформировались в условиях повышенного увлажнения под лесной и кустарниковой растительностью. Почвообразующими породами для дерново-карбонатных почв являются современные продукты выветривания известняков и мергелей. Богатство материнских пород карбонатами кальция при преобладании промывного режима в биоэкологических условиях лесных зон приводит к образованию своеобразного почвенного профиля с хорошо выраженным гумусовым горизонтом, характеризующимся высокой емкостью обмена и повышенным содержанием обменных оснований.

По фациальному подтипу описываемые почвы относятся к дерново-карбонатным типичным теплым периодически промерзающим и очень теплым периодически промерзающим. Встречаются преимущественно на слабо выветренном, маломощном элювии известковистых пород. Профиль развит слабо, содержит большое количество щебня и обломков пород. Исключение составляют почвы, развитые на тяжелых карбонатных глинах.

Виноградники хозяйства поделены на участки и далее на клетки, каждая площадью до 3-х гектаров. Схема расположения участков виноградников ООО Имение «Сикоры» приведена на рисунке 1.



- 1 – клетка 1/1, насаждения винограда сорта Каберне Совиньон;
- 2 – клетка 2/1, насаждения винограда сорта Пино нуар;
- 3 – клетка 2/2, насаждения винограда сорта Шардоне, Совиньон Блан;
- 4 – клетка 2/3, насаждения винограда сорта Рислинг;
- 5 – клетка 3/2, насаждения винограда сорта Рислинг;
- 6 – клетка 4, насаждения винограда сорта Мерло;
- 7 – клетка 4/1, насаждения винограда сорта Каберне Совиньон;
- 8 – клетка 5, насаждения винограда сорта Красностоп;
- 9 – клетка 6, насаждения винограда сорта Каберне Фран;
- 10 – клетка 7/1, насаждения винограда сорта Мерло;
- 11 – клетка 7/2, насаждения винограда сорта Каберне Совиньон

Рис. 1. Схема расположения элементарных участков на площадях виноградников ООО Имение «Сикоры»

Ведение виноградарства на предприятии ООО Имение «Сикоры» основывается на европейских технологиях с применением передовых агротехнических систем и новейших подходов в данной сфере. Принята оптимальная для данного терруара плотность посадки для всех виноградников хозяйства: 4169 кустов/га (2,4 м х 1,0 м), что ведет к естественному оптимальному ограничению урожайности винограда с каждого куста.

Почвы выбранных участков хозяйства ООО Имение «Сикоры» характеризуются преимущественно тяжёлым гранулометрическим составом, высокой скелетностью всего профиля (за исключением клетки 7/2), щелочной реакцией почвенной среды, низким содержанием солей в профиле почвы, высокой степенью насыщенности основаниями, очень низкой обеспеченностью подвижным фосфором и высоким или повышенным уровнем обеспеченности обменным калием.

В результате работы выявлены особенности почвенных условий, характерные для каждого выбранного участка. Почвы клеток 1/1, 2/3 и 3/2 отличаются содержанием органического вещества в слое почвы 0-40 см, от низкого уровня в клетке 2/3 до повышенного в клетке 1/1. Почвы этих трёх клеток характеризуются легкоглинистым гранулометрическим составом, высокой скелетностью почвенного профиля и высоким содержанием активного кальция.

Почвы клетки 7/2 наиболее сильно отличаются от всех остальных почв. Они характеризуются среднеглинистым гранулометрическим составом, низкой скелетностью почвенного профиля, невысоким содержанием активного кальция и очень низкой обеспеченностью органическим веществом.

Результаты исследований минерального состава вин и почв были подвергнуты математической обработке при помощи методов корреляционного и кластерного анализа.

Корреляционный анализ заключается в количественном определении тесноты взаимосвязи между двумя признаками (при парной связи) или между результативным признаком и множеством факторных признаков (при многофакторной связи). Таким образом, корреляционный анализ дает возможность установить, ассоциированы ли наборы данных или нет. В результате установлено, что взаимосвязь между содержанием элементов в вине и сортом винограда значима для Al, Mg, Na, Rb. Равномерный вынос элементов показал незначительную корреляцию между годом урожая и содержанием элементов в винограде вне зависимости от сорта (рис. 2).

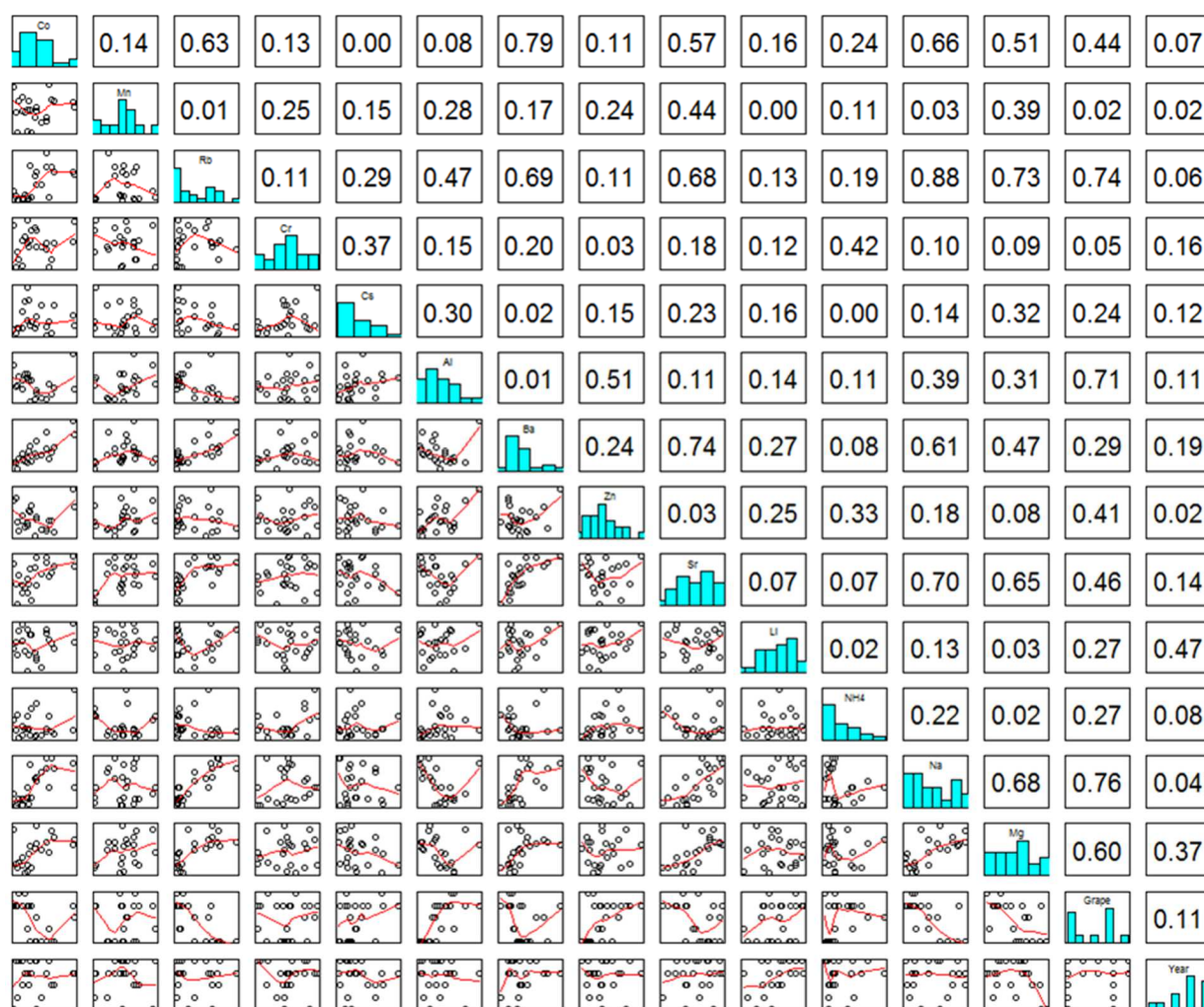


Рис. 2. Корреляционный анализ образцов вин в зависимости от сорта винограда

Данными для корреляционного анализа минерального состава вин (калий, кальций и свинец были предварительно удалены из образцов) и почв служило содержание элементов, данные по годам и сортам винограда. В результате показано, что статистическая взаимосвязь между элементами в почвах и элементами винограда имеет место для Al, Ba, Ca, Co, K, Li, Na, NH₄, Sr, Rb. При этом взаимосвязь между содержанием катионов в винах и почвах в зависимости от года урожая не просматривается.

Принцип поиска однородных элементов (кластерного анализа) состоит в разделении большой группы объектов на определенное количество более малых групп (кластеров). Кластер формируется на основе какого-либо конкретного критерия, чаще всего это какая-либо особенность объекта, его характерный признак. Внутри одного кластера объекты могут различаться по другим критериям, но хотя бы по одному из них они должны быть схожи. Поиск однородных образцов вин, проведенный при помощи методов кластерного анализа, и учитывающий данные по сортам винограда в зависимости от года урожая, представлен на рисунке 3.

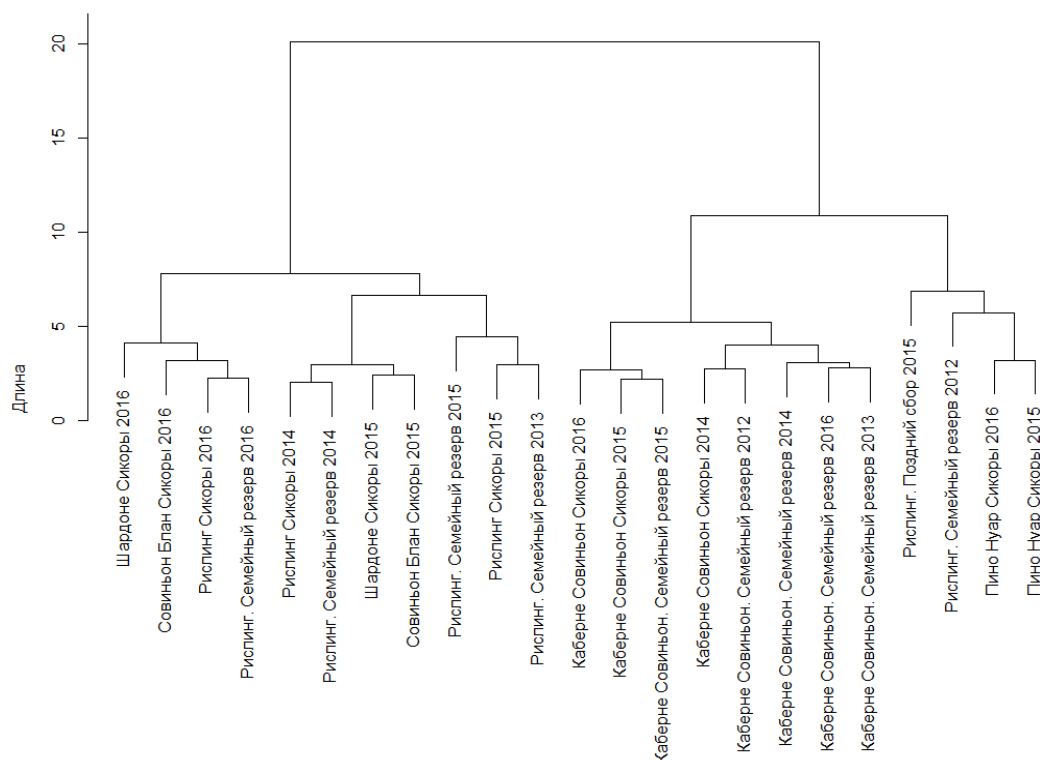


Рис. 3. Поиск однородных образцов вин

Кластерный анализ образцов вин показал явно выраженное различие в минеральном составе между белыми и красными винами, при этом данные по сорту Каберне Совиньон образовали один кластер, показав крайне высокую степень однородности. В то же время два образца сорта Рислинг («Рислинг. Поздний сбор» и «Рислинг. Семейный резерв 2012») оказались в группе красных вин, что указывает на существенные различия в полученных исходных данных для этого сорта.

Для поиска однородных образцов почв, представленного на рисунке 4, исходными данными являлось содержание элементов в почвах, на которых произрастал виноград, использованный для производства исследуемых вин.

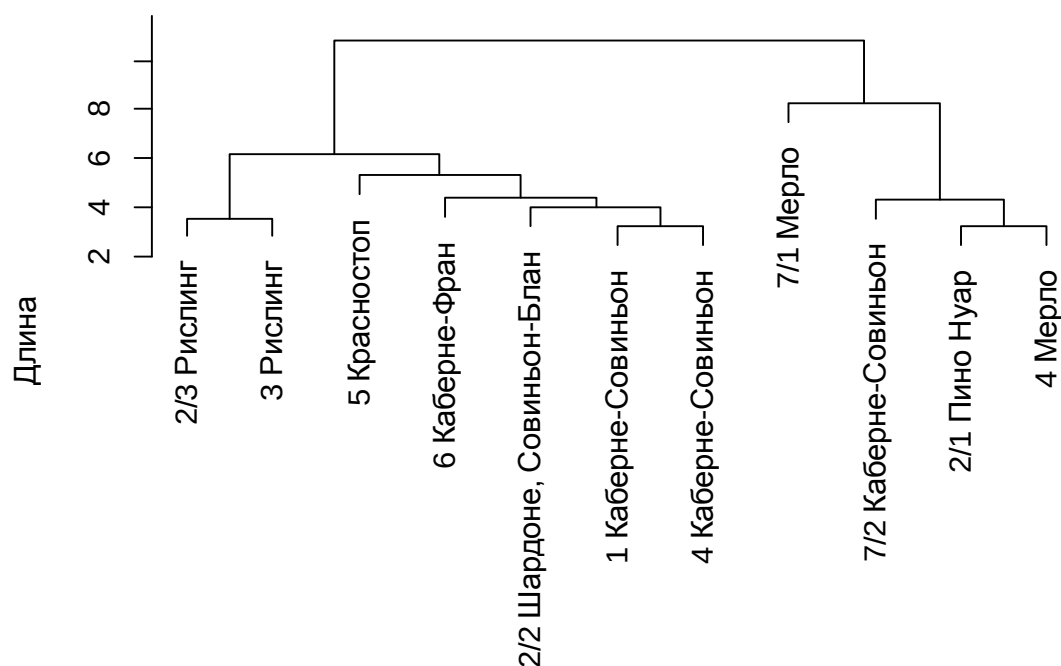


Рис. 4. Поиск однородных образцов почв

В результате проведенного анализа можно утверждать, что наибольшую сходимость имеют данные по участкам виноградников для сортов Рислинг, Шардоне, Совиньон Блан, Каберне Фран и Красностоп, следствием

чего является в наибольшей степени однородный элементный состав в винах, выработанных из этих сортов. Наименее однородным составом отличались вина, выработанные из сортов Мерло и Каберне Совиньон, что согласуется с большой разницей в элементном составе участков, занятых данными сортами винограда.

В рамках статистической обработки данных также был проведен анализ элементного состава вин и почв с помощью алгоритма «случайный лес», после чего была проведена многометочная систематизация вин по участкам виноградников.

В результате проведенного анализа, точность определения вин из сортов Каберне Совиньон и Пино Нуар составила более 90 %, с немного меньшей точностью (около 85 %) определялись вина сортов Рислинг, Шардоне и Совиньон Блан. Таким образом, становится возможным создание математической модели, позволяющей в будущем определять участок (участки), с которого будет собран виноград для получения вина из того или иного сорта.

Выводы. Основным выводом проведенного нами изучения минерального состава является то, что он может служить маркером региональной принадлежности винодельческой продукции, поскольку образцы вина, выработанные из одного сорта, вне зависимости от года переработки винограда имеют стабильный минеральный состав.

В результате математической обработки данных, полученных в результате исследования комплекса минеральных компонентов, можно с высокой степенью достоверности установить происхождение вин ООО Имя «Сикоры».

Минеральный комплекс исследованных вин является уникальным, и определяется особыми характеристиками почв виноградников географического объекта «Семигорье».

Литература

1. Петров В.И. Разработка схемы идентификации натуральных вин по результатам их мультиэлементного анализа : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 02.00.02 / Петров Вячеслав Игоревич. Краснодар, 2013. 23 с.
2. Стрижов Н.К., Шелудько О.Н., Охрименко А.А., Ткачева Т.С. Инструментальное исследование свойств региональных вин из винограда сорта Мерло // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. № 1(373). С. 87-91. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2020.1.24>.
3. Идентификация вин с защищенными географическими указаниями на основе интегральных характеристик продукции / Н.К. Стрижов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № 5-6(371-372). С. 99-104. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.5-6.25>.
4. Антоненко О.П., Антоненко М.В., Гугучкина Т.И. Исследование фенольного комплекса и цветовых характеристик красных вин из винограда сорта Каберне Совиньон, произрастающего на Кубани // Вестник КрасГАУ. 2022. № 9 (186). С. 214-221. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-9-214-221>
5. Multidimensional analysis of the interaction of volatile compounds and amino acids in the formation of sensory properties of natural wine / A. Khalafyan, et al. // Heliyon. 2023. Vol. 9(1). e12814 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12814>
6. Determination of the Wine Variety and Geographical Origin of White Wines Using Neural Network Technologies / A. Khalafyan, et al. // Journal of Analytical Chemistry. 2019. Vol. 74(6). P. 617-624. <https://doi.org/10.1134/S1061934819060042>.
7. Органолептические свойства как показатель стабильности качества на примере вин ООО Имение «Сикоры» / О.Н. Шелудько [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 10(187). С. 169-178. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-10-169-178>.
8. Can rare earth elements be considered as markers of the varietal and geographical origin of wines? / Z. Temerdashev, et al. // Molecules. 2023. Vol. 28(11). 4319. <https://doi.org/10.3390/molecules28114319>
9. Intra-regional classification of grape seeds produced in Mendoza province (Argentina) by multi-elemental analysis and chemometrics tools / B.V. Canizoa, et al. // Food Chemistry. 2018. Vol. 242. P. 272-278. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.062>
10. Точилина Р.П. Особенности минерального состава вин как идентификационный показатель места происхождения (Краснодарский край) // Пиво и напитки. 2017. № 5. С. 28-32. EDN: ZTSZLB
11. Authentication of the geographical origin of Australian Cabernet Sauvignon wines using spectrofluorometric and multi-element analyses with multivariate statistical modelling / R.K.R. Ranaweera, et al. // Food Chemistry. 2021. Vol. 335. 127592. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127592>
12. Качество винограда как фактор развития виноделия с географическим статусом / Е.В. Остроухова [и др.] // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2018. Т. 20. № 3(105). С. 77-79. EDN: XZOUTJ
13. Diversity of Italian red wines: A study by enological parameters, color, and phenolic indices / P. Arapitsas, et al. // Food Research International. 2021. Vol. 143. 110277. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110277>.
14. A Human Health Risk Assessment of Trace Elements Present in Chinese Wine / Z.-H. Deng, et al. // Molecules. 2019. Vol. 24 (2). 248. <https://doi.org/10.3390/molecules24020248>
15. Geographical identification of Chianti red wine based on ICP-MS element composition / B. Bronzi, et al. // Food Chemistry. 2020. Vol. 315. 126248. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126248>

16. Progress in authentication, typification and traceability of grapes and wines by chemometric approaches / A. Versari, et al. // Food Res. Int. 2014. V. 60. С. 2-18. DOI:10.1016/j.foodres.2014.02.007
17. Extensive and objective wine color classification with chromatic database and mathematical models / S.Y. Li, et al. // International Journal of Food Properties. 2017. Vol. 20(sup3). P. S2647-2659. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1381848>
18. Колеснов А.Ю., Агафонова Н.Н. Контроль подлинности и качества винодельческой продукции. Часть 3. Метод IRMS/SIRA в исследовании состава стабильных изотопов углерода в компонентах винограда и винодельческой продукции Крыма // Контроль качества продукции. 2016. №6. С. 45-53. EDN: VZXIHZ
19. Astray G., Martinez-Castillo C., Mejuto J.-C., Simal-Gandara J. Metal and metalloid profile as a fingerprint for traceability of wines under any Galician protected designation of origin // Journal of Food Composition and Analysis. 2021. Vol. 102. 104043. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104043>
20. Васылык А.В., Остроухова Е.В., Аникина Н.С. Научно-методические основы развития виноделия с географическим статусом в России: основные достижения на пути их реализации // Научные труды СКФНЦБВ. 2019. Т. 22. С. 80-88. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2019-22-79-88>
21. Colour as a driver of Pinot noir wine quality judgments: An investigation involving French and New Zealand wine professionals / D. Valentinand, et al. // Food Quality and Preference. 2016. Vol. 48, Part A. P. 251-261. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.10.003>
22. Merkytė V., Longo E., Windisch G., Boselli E. Phenolic Compounds as Markers of Wine Quality and Authenticity // Foods. 2020. Vol. 9. 1785. <https://doi.org/10.3390/foods9121785>
23. Кластерный анализ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://statsoft.ru/home/textbook/modules/stcluan.html> (дата обращения: 10.08.2023)
24. Анализ главных компонент [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/1586476/page/4/> (дата обращения: 14.08.2023)

Reference

1. Petrov V.I. Development of a scheme for identifying natural wines based on the results of their multi-element analysis: abstract of thesis. dis. ...cand. chem. sciences: 02.00.02 / Petrov Vyacheslav Igorevich. Krasnodar, 2013. 23 p. (in Russian)
2. Strizhov N.K., Sheludko O.N., Okhrimenko A.A., Tkacheva T.S. Instrumental study of the properties of regional wines from Merlot grapes // Izvestiya vuzov. Food Technology. 2020. № 1(373). P. 87-91. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2020.1.24> (in Russian)
3. Identification of wines with protected geographical indications on based integral characteristics of product / N.K. Strizhov, et al. // Izvestiya vuzov. Food Technology. 2019. № 5-6(371-372). P. 99-104. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.5-6.25> (in Russian)
4. Antonenko O.P., Antonenko M.V., Guguchkina T.I. Studying the phenolic complex and color characteristics of red wines from Cabernet Sauvignon variety growing in Kuban // Bulletin KrasSAU. 2022. № 9 (186). P. 214-221. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-9-214-221>
5. Multidimensional analysis of the interaction of volatile compounds and amino acids in the formation of sensory properties of natural wine / A. Khalafyan, et al. // Heliyon. 2023. Vol. 9(1). e12814 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12814>

6. Determination of the Wine Variety and Geographical Origin of White Wines Using Neural Network Technologies / A. Khalafyan, et al. // Journal of Analytical Chemistry. 2019. Vol. 74(6). P. 617-624. <https://doi.org/10.1134/S1061934819060042>.
7. Organoleptic properties as a wines quality stability indicator on the example of Sikory Estate / O.N. Sheludko, et al. // Bulletin KrasSAU. 2022. № 10(187). P. 169-178. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-10-169-178> (in Russian)
8. Can rare earth elements be considered as markers of the varietal and geographical origin of wines? / Z. Temerdashev, et al. // Molecules. 2023. Vol. 28(11). 4319. <https://doi.org/10.3390/molecules28114319>
9. Intra-regional classification of grape seeds produced in Mendoza province (Argentina) by multi-elemental analysis and chemometrics tools / B.V. Canizoa, et al. // Food Chemistry. 2018. Vol. 242. P. 272-278. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.062>
10. Tochilina R.P. Characteristic of the wines mineral composition as an indicator of the place of origin (Krasnodar region) // Beer and drinks. 2017. № 5. P. 28-32. EDN: ZTSZLB (in Russian)
11. Authentication of the geographical origin of Australian Cabernet Sauvignon wines using spectrofluorometric and multi-element analyses with multivariate statistical modelling / R.K.R. Ranaweera, et al. // Food Chemistry. 2021. Vol. 335. 127592. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127592>
12. Grape quality as a factor in the development of winemaking with geographical status / E.V. Ostroukhova, et al. // Magarach. Viticulture and winemaking. 2018. Vol. 20, № 3(105). P. 77-79. EDN: XZOUTJ (in Russian)
13. Diversity of Italian red wines: A study by enological parameters, color, and phenolic indices / P. Arapitsas, et al. // Food Research International. 2021. Vol. 143. 110277. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110277>.
14. A Human Health Risk Assessment of Trace Elements Present in Chinese Wine / Z.-H. Deng, et al. // Molecules. 2019. Vol. 24 (2). 248. <https://doi.org/10.3390/molecules24020248>
15. Geographical identification of Chianti red wine based on ICP-MS element composition / B. Bronzi, et al. // Food Chemistry. 2020. Vol. 315. 126248. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126248>
16. Progress in authentication, typification and traceability of grapes and wines by chemometric approaches / A. Versari, et al. // Food Res. Int. 2014. V. 60. C. 2-18. DOI:10.1016/j.foodres.2014.02.00717.
17. Extensive and objective wine color classification with chromatic database and mathematical models / S.Y. Li, et al. // International Journal of Food Properties. 2017. Vol. 20(sup3). P. S2647-2659. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1381848>.
18. Kolesnov A.Yu., Agafonova N.N. Control of the authenticity and quality wine production. Part 3. IRMS / SIRA method in the study of stable carbon isotopes in the grape and wine production components Crimea // Product quality control. 2016. № 6. P. 45-53. EDN: VZXIHZ (in Russian)
19. Astray G., Martinez-Castillo C., Mejuto J.-C., Simal-Gandara J. Metal and metalloid profile as a fingerprint for traceability of wines under any Galician protected designation of origin // Journal of Food Composition and Analysis. 2021. Vol. 102. 104043. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104043>.
20. Vasylyk A.V., Ostroukhova E.V., Anikina N.S. Scientific and methodological foundations for the department of winemaking with geographical status in Russia: the main achievements in the way of their implementation // Scientific works of NCF SCHVW. 2019. Vol. 22. P. 80-88, <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2019-22-79-88> (in Russian)

21. Colour as a driver of Pinot noir wine quality judgments: An investigation involving French and New Zealand wine professionals / D. Valentinand, et al. // Food Quality and Preference. 2016. Vol. 48, Part A. P. 251-261. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.10.003>
22. Merkytė V., Longo E., Windisch G., Boselli E. Phenolic Compounds as Markers of Wine Quality and Authenticity // Foods. 2020. Vol. 9. 1785. <https://doi.org/10.3390/foods9121785>.
23. Cluster analysis [Electronic resource]. Available at: <http://statsoft.ru/home/text-book/modules/stcluan.html> (accessed date: 10.08.2023)
24. Analysis of principal components [Electronic resource]. Available at: <https://stud-files.net/preview/1586476/page:4/> (accessed date: 14.08.2023)