

УДК 663.253.4:543.55

UDC 663.253.4: 543.55

DOI 10.30679/2219-5335-2019-5-59-155-166

DOI 10.30679/2219-5335-2019-5-59-155-166

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
И ВЗАИМОСВЯЗИ МАКРО-
И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВИНАХ
В ЦЕЛЯХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ВОЗМОЖНОСТИ
ИХ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ
ИДЕНТИФИКАЦИИ**

**STUDY OF DISTRIBUTION
AND RELATIONSHIP
OF MACRO AND MICROELEMENTS
IN THE WINES
TO DETERMINE THE POSSIBILITY
OF THEIR GEOGRAPHIC
IDENTIFICATION**

Марковский Михаил Григорьевич
канд. техн. наук
старший научный сотрудник
НЦ «Виноделие»
e-mail: 8612525877@mail.ru

Markovskiy Mikhail Grigorievich
Cand. Tech. Sci.
Senior Research Associate
of CS «Wine-making»
e-mail: 8612525877@mail.ru

Бурцев Борис Викторович
канд. техн. наук
старший научный сотрудник
НЦ «Виноделие»

Burtsev Boris Viktorovich
Cand. Tech. Sci.
Senior Research Associate
of CS «Wine-making»

Гугучкина Татьяна Ивановна
д-р с.-х. наук
заведующая НЦ «Виноделие»
e-mail: guguchkina@mail.ru

Guguchkina Tatyana Ivanovna
Dr. Sci. Agr., Professor
Head of SC «Wine-making»
e-mail: guguchkina@mail.ru

Шелудько Ольга Николаевна
д-р техн. наук
ведущий научный сотрудник
НЦ «Виноделие»
e-mail: scheludcko.olga@yandex.ru

Shelud'ko Olga Nikolaevna
Dr. Tech. Sci.
Leading Research Associate
of CS «Wine-making»
e-mail: scheludcko.olga@yandex.ru

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

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

Рассмотрены вопросы мировой географической идентификации винодельческой продукции. Установлено, что для большинства современных исследований характерно применение хемометрической обработки данных, полученных перспективными методами контроля макро- и микроэлементов в винах: атомно-абсорбционной спектроскопии, атомно-эмиссионной спектроскопии, масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и атомно-эмиссионной спектроскопией с индуктивно связанной

The issues of global geographical identification of wine products are considered. It has been found that for most modern studies, the use of chemometric processing of data obtained by promising methods for controlling macro- and microelements in wines is characteristic: atomic absorption spectroscopy, atomic emission spectroscopy, mass spectrometry with inductively coupled plasma and atomic emission spectroscopy with inductively coupled plasma.

плазмой. Анализ макро – и микроэлементов вин различных стран мира показал, что большое разнообразие элементного состава винопродукции и значительная вариабельность, вызванная технологическими обработками, требует применения современных методов математической обработки для установления взаимосвязи состава вин с определённым терруаром. Показано, что на основе анализ исследований распределения и взаимосвязи содержания микро- и макроэлементов в винах и почвах, на которых были выращены соответствующие сорта винограда, может применяться для установления географической идентификации вин. Проведены исследования, направленные на оценку взаимосвязи географического положения участков и выращиваемых сортов винограда по установленным корреляциям между содержанием ряда макро- и микроэлементов в вине и почвах и основными параметрами (сорт винограда, год урожая). Результаты оценки взаимосвязей между отдельными образцами вин и почв с помощью корреляционного, кластерного анализа, алгоритма «случайный лес» и многометочной классификации позволили оценить взаимосвязь географического положения участков и выращиваемых сортов винограда с исходными данными в виде содержания элементов и их попарных соотношений. Маркерами для сортовой идентификации для первого года исследований выбраны Rb, Al, и Na. Получены положительные результаты по сортам Каберне-Совиньон, Рислинг и Пино нуар (безошибочное определение). Применение выборки показателей на базе перекрёстной проверки (поочередное исключение одного образца) позволило сократить набор значимых показателей до четырёх: Ca, Ca/Sr, Sr, Ca/Al.

Ключевые слова: ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВИН, СОРТ ВИНОГРАДА, ПОЧВА, МАКРОЭЛЕМЕНТЫ, МИКРОЭЛЕМЕНТЫ, МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Analysis of macro - and microelements of wines from different countries of the world showed that a large variety of elemental composition of wine products and significant variability caused by technological treatments require the use of modern mathematical processing methods to establish the relationship of the composition of wines with a certain terroir. It is shown that on the basis of analysis of studies of the distribution and relationship of the content of micro and macro elements in wines and soils on which the corresponding grape varieties were grown, can be used to establish the geographical identification of wines. Studies aimed at assessing the relationship of the geographical location of the plots and cultivated grape varieties were carried out according to the correlations between the content of a number of macro- and microelements in wine and soils and the main parameters (grape variety, crop year). The results of the assessment of the relationship between individual samples of wines and soils using correlation, cluster analysis, the «random forest» algorithm and multi-label classification allowed us to evaluate the relationship of the geographical location of the plots and cultivated grape varieties with the content of elements and their pairwise ratios in the wines. Rb, Al, and Na were selected as markers for variety identification for the first year of research. Positive results for Cabernet Sauvignon, Riesling and Pinot Noir are obtained. Applying of selective indexes based on cross-validation allowed to reduce a set of significant indicators to 4: Ca, Ca / Sr, Sr and Ca / Al.

Key words: GEOGRAPHIC IDENTIFICATION OF WINES, GRAPE VARIETY, SOIL, MACROELEMENTS, MICROELEMENTS, METHODS OF MATHEMATICAL STATISTICS

Введение. Основными приоритетами в мировом развитии винодельческой промышленности в настоящее время, включая науку о вине, являются научное обеспечение отрасли и рост производства высококачественных вин [1, 2, 3]. Тенденция, основанная на стремлении увеличить объёмы производства вин высшей категории качества, характеризующихся стабильно высокими органолептическими показателями, обусловлена многими факторами: конкурентоспособность и престиж страны на мировом рынке, экономический эффект за счёт реализации таких вин по более высоким ценам, повышение степени доверия потребителя к производителю винопродукции [4].

В России введена новая классификация вин, которая во многом аналогична классификации вин таких стран, как Франция, Италия, Португалия, и предусматривает производство вин, индивидуальность и качество которых обусловлены сортовыми, природно-климатическими, агротехническими и технологическими факторами (табл.) [5]. К показателям качества готовой продукции, элементам агротехники при выращивании винограда, технологии его переработки в процессе изготовления вин предъявляют более строгие требования [6].

Новая классификация российских вин

Новое в законодательстве РФ	Аналоги во Франции по «новой» с 2009 г. и «старой» 1935 г. классификации (в настоящий момент обе классификации имеют одинаковую «легитимность»)	
Россия, новая классификация	Франция, новая классификация	Франция, старая классификация
Столовые вина	VDF Vin de France	VDT Vin de Table
Вина с защищённым географическим указанием	IGP Indication Geographique Protegee	VDP Vin de Pays
Вина с защищённым наименованием места происхождения	AOP Appellation d'Origine Protégée	AOC Appellation d'Origine Controlee

Вместе с тем, действующая система контроля винодельческой продукции в Российской Федерации акцентирована, в первую очередь, на обеспечении её безопасности и по физико-химическим показателям, характеризующим качество, не требует осуществлять контроль вин по географическому признаку [6].

В мировой практике для идентификации подлинности винодельческой продукции применяется сочетание методов (как правило, по разделению и детектированию). Для большинства современных исследований характерно применение хемометрической обработки данных, то есть методов статистики, адаптированных к решению задач аналитической химии [7-11].

Перспективными методами контроля состава макро- и микроэлементов в винах являются атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС), атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС), масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП–МС), атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС) [12, 13].

Анализ показателей химического состава виноградных вин, в частности макро – и микроэлементов, в различных странах мира показывает, что, например, в Италии критериями подлинности могут быть 29 показателей из изученных 40. Среди тех, которые являются критериальными показателями, находятся: Al, B, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Rb, Zn, Ag, Ba, Cd, Ga, I, Li, Sc, Th, Ti, V, Zr, Eu, La, Nd, Rr, Sm, Tm, Yb, Co, Cu, Pb [14]; в Швейцарии – 10 показателей: Mn, Al, B, Ba, Ca, Mg, Na, Pb, Sr, Zn [15]; в Хорватии – 7: Al, As, Be, Li, Sr, Ti, Tl [16]; в Германии – 8: Li, B, Mg, Fe, Zn, Sr, Sc, Pb [17]; в Румынии – 5: Mn, Cr, Sr, Ag, Co [18]; – в ЮАР – 6: Al, Mn, Pb, Ba, W, Tl [19].

Исследование российских вин с помощью ИСП-АЭС показали специфический набор минеральных веществ, среди которых выявлены следующие восемь компонентов: Al, Co, Cu, Mn, Ti, Zn, Ba, Pb [20].

Большое разнообразие микро- и макроэлементного состава винопродукции и значительная их вариабельность, вызванная технологическими воздействиями, требует применения современных методов математической обработки для установления взаимосвязи состава виноматериалов с определённым терруаром. Таким образом, цель исследований заключалась в установлении возможности географической идентификации вин на основе анализа исследований распределения и взаимосвязи содержания микро- и макроэлементов в винах и почвах, на которых были выращены соответствующие сорта винограда.

Объекты и методы исследований. Исследование распределения и взаимосвязи содержания микро- и макроэлементов в образцах вина и почв, на которых были выращены соответствующие сорта винограда проводили на винах, полученных из сортов Каберне-Совиньон, Каберне-Фран, Красностоп, Мерло, Пино-нуар, Рислинг, Шардоне на расположенных рядом участках (условно зашифрованных, как 1, 2/1, 2/3, 2/3, 3, 4, 5, 6, 7/1 и 7/2), также исследовались средние пробы почв с этих участков.

Анализ элементного состава вин и почв проводился методом атомно-абсорбционного анализа с электротермической ионизацией на приборе Квант-Z (Кортек, Россия) и при помощи капиллярного зонного электрофреза на приборе Капель (Люмэкс, Россия). Применяли современные метода математической статистики (корреляционный и кластерный анализы, алгоритм «случайный лес», многомечная идентификация).

Обсуждение результатов. Анализ полученных корреляционных зависимостей между содержанием ряда макро- и микроэлементов, а также «параметров сорт винограда и год урожая» для набора вин, произведённых из винограда, произрастающего на определённом участке (рис. 1), позволил оценить предварительные взаимосвязи между элементами и сортом винограда, а также подтвердить стабильность выноса элементов и отсут-

ствии значимых изменений в технологических процессах за счет слабой корреляции всех переменных с годом урожая.

Установлено, что корреляция между содержанием элементов в целом незначительна (за исключением пар Co-Ba, Co-Sr, Co-Na, Co-Mg, Rb-Ba, Rb-Sr, Rb-Na, Rb-Mg, Ba-Sr, Ba-Na, Sr-Na, Sr-Mg, Na-Mg).

Результаты анализа корреляций содержания элементов не только в винах, но и в почвах (рис. 2) показали, что корреляция между содержанием элементов в почвах значима для пар $\text{NH}_4\text{-Na}$, $\text{NH}_4\text{-Mg}$, $\text{NH}_4\text{-Ca}$, $\text{NH}_4\text{-Al}$, $\text{NH}_4\text{-Ba}$, $\text{NH}_4\text{-Co}$, $\text{NH}_4\text{-Sr}$, K-Ca, K-Li, K-Sr, Na-Mg, Na, Ca, Na-Al, Na-Ba, Na-Rb, Na-Sr, Mg-Ca, Mg-Al, Mg-Ba, Ca-Al, Ca-Ba, Ca-Co, Ca-Sr, Al-Ba, Al-Co, Al-Sr, Ba-Co, Ba-Sr, Li-Rb, Li-Sr, Mn-Rb, Rb-Sr. Корреляция между содержанием элементов в почвах и сортом винограда значима для NH_4 , K, Na, Ca, Al, Ba, Co, Li, Rb, Sr. Корреляции между годом и содержанием элементов в винах и почвах имеют незначительные величины (вынос элементов равномерен). Маркерами для сортовой идентификации для первого года исследований выбраны Rb, Al, и Na.

Для оценки взаимосвязей между отдельными образцами вин и почв проведен иерархический кластерный анализ, позволяющий создавать наборы близких или идентичных объектов. На рис. 3 приведены результаты исследования почв по элементному составу, позволяющие оценить взаимосвязь географического положения участков и выращиваемых сортов винограда. Установлено, что наиболее однородны данные по участкам 2/3 и 3 (Рислинг). К ним близки участки 5 (Красностоп), 6 (Каберне фран), 2/2 (Шардоне и Совиньон блан), 1 и 4 (Каберне-Совиньон). Резко отличаются по составу участки 7/1 (Мерло), 7/2 (Каберне-Совиньон), 2/1 (Пино нуар) и 4 (Мерло). Таким образом, можно ожидать наиболее однородный элементный состав в винах, приготовленных из сортов Рислинг, Шардоне, Совиньон-блан, Красностоп, Пино-нуар и Каберне фран, а наименее однородный – в винах, изготовленных из сортов Каберне-Совиньон и Мерло.

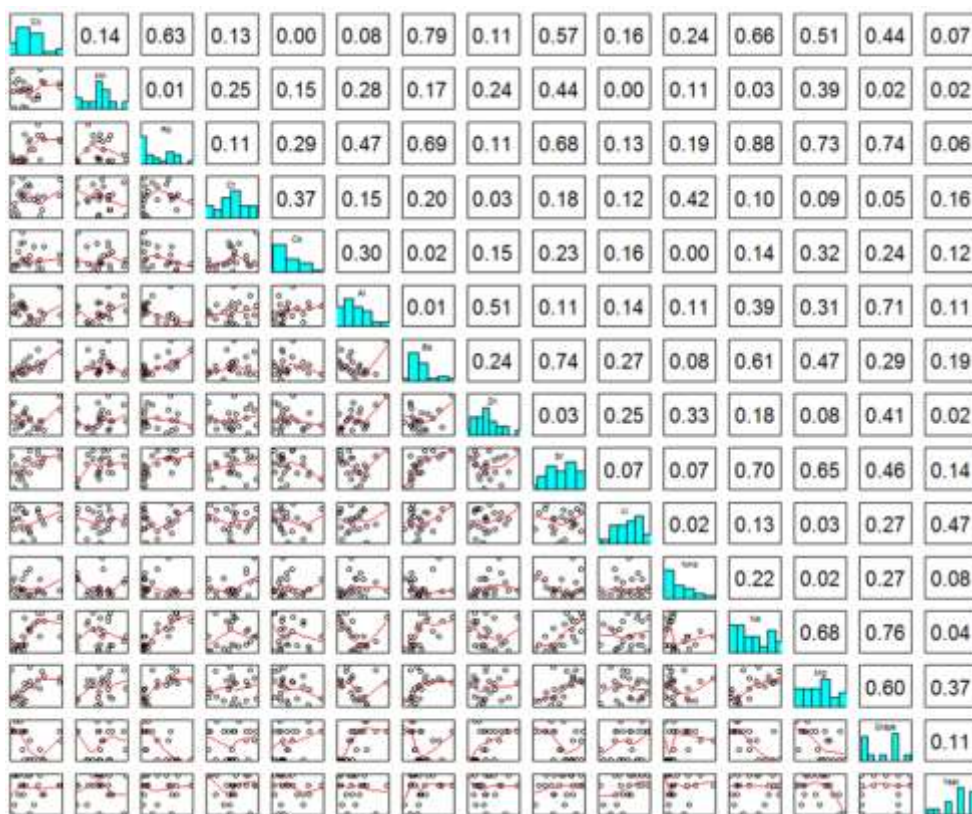


Рис. 1. Корреляция между содержанием ряда макро- и микроэлементов в вине и основными параметрами (сорт винограда, год урожая)

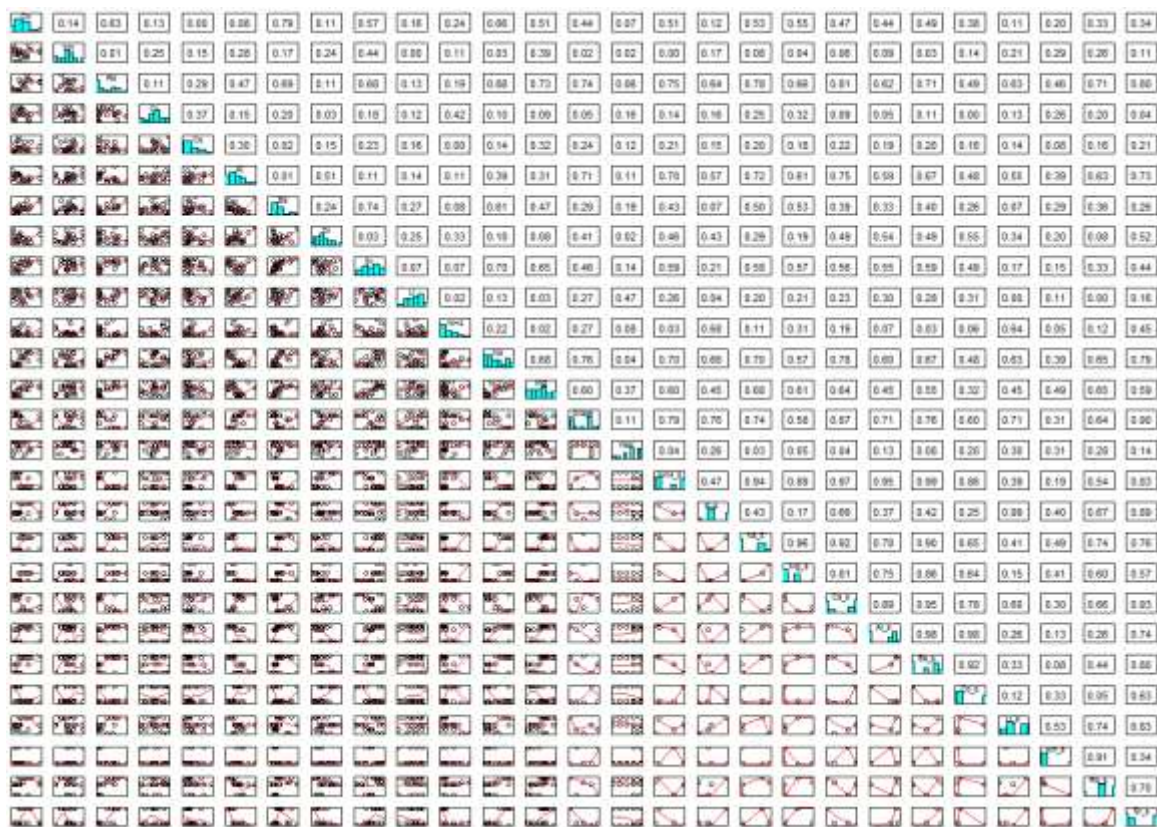


Рис. 2. Корреляция между содержанием ряда макро- и микроэлементов в вине и почвах и основными параметрами (сорт винограда, год урожая)

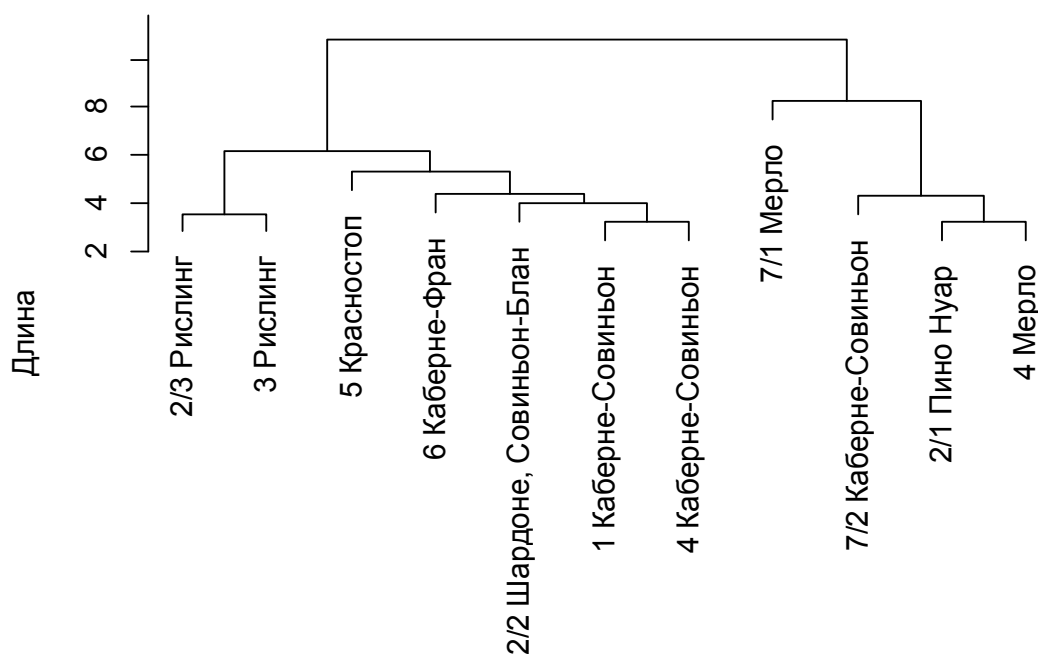


Рис. 3. Кластерный анализ почв по элементному составу

Помимо корреляционного и кластерного анализа была проведена классификация образцов вин и почв с помощью алгоритма «случайный лес» [21] с исходными данными в виде содержания элементов и их попарных соотношений.

В первом варианте алгоритм применялся для поиска набора пороговых значений содержаний элементов и их соотношений, последовательное применение которого приводит к определению сорта винограда, произрастающего на определённом участке. Во втором варианте был найден минимальный набор соотношений элементов, дающий оптимальный результат определения исходного участка.

Первый вариант классификации даёт положительные результаты по сортам винограда Каберне-Совиньон, Рислинг и Пино нуар (безошибочное определение), но сорта Шардоне и Совиньон блан определяются неправильно. Возможно, отрицательный результат связан не только с близким элементным составом исходных почв, но и с малым количеством проб вина (по 2 каждого сорта).

Применение выборки показателей на базе перекрёстной проверки (поочерёдное исключение одного образца) позволило сократить набор значимых показателей до 4: Ca, Ca/Sr, Sr, Ca/Al, при этом результаты классификации не изменились.

С учётом произрастания исходного винограда исследуемых образцов вин на разном количестве участков (от 1 до 3) с различающимся элементным составом актуальным становится возможность идентификации одного или нескольких участков, задействованных в производстве данного вина. Для этой цели был применён алгоритм многометочной классификации [22].

Лучшие результаты получены для сорта винограда Каберне-Совиньон (участки 1, 4, 7/2), при этом точность определения составляет 96 %. Сорт Пино нуар (участок 2/1) показал точность 91 %, в то время как для сортов Шардоне, Совиньон блан (участок 2/2), Рислинг (участки 2/3 и 3) точность была наименьшей (83 %).

Выводы. В результате проведённых исследований, направленных на оценку взаимосвязи географического положения участков и выращиваемых сортов винограда, установлено, что корреляция между содержанием элементов в почвах значима для пар $\text{NH}_4\text{-Na}$, $\text{NH}_4\text{-Mg}$, $\text{NH}_4\text{-Ca}$, $\text{NH}_4\text{-Al}$, $\text{NH}_4\text{-Ba}$, $\text{NH}_4\text{-Co}$, $\text{NH}_4\text{-Sr}$, K-Ca , K-Li , K-Sr , Na-Mg , Na, Ca, Na-Al , Na-Ba , Na-Rb , Na-Sr , Mg-Ca , Mg-Al , Mg-Ba , Ca-Al , Ca-Ba , Ca-Co , Ca-Sr , Al-Ba , Al-Co , Al-Sr , Ba-Co , Ba-Sr , Li-Rb , Li-Sr , Mn-Rb , Rb-Sr , корреляция между содержанием элементов в почвах и сортом винограда значима для NH_4 , K , Na , Ca , Al , Ba , Co , Li , Rb , Sr .

Маркерами для сортовой идентификации для первого года исследований выбраны Rb, Al, и Na.

Установлено, что классификация образцов вин и почв с помощью алгоритма «случайный лес» с исходными данными в виде содержания эле-

ментов и их попарных соотношений позволила получить положительные результаты по сортам Каберне-Совиньон, Рислинг и Пино нуар (безошибочное определение).

Применение выборки показателей на базе перекрёстной проверки (поочередное исключение одного образца) позволило сократить набор значимых показателей до четырёх: Ca, Ca/Sr, Sr, Ca/Al.

Литература

1. Панасюк А.Л., Оганесянц Л.А. Мировые тенденции в производстве и потреблении вина // Пиво и напитки. 2018. № 1. С.16-18.
2. Хиабахов Т.С. Основные условия развития качественного виноделия // Виноделие и виноградарство. 2011. № 5. С. 8-9.
3. Толоков Н.Р. Правовое регулирование наименований вин по происхождению в России // Виноделие и виноградарство. 2005. № 2. С. 4-8.
4. Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. Тенденции в развитии виноградарства и виноделия, требующие управленческих решений // Виноделие и виноградарство. 2018. № 3. С. 4-10.
5. О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции и об ограничении потребления (распития) алкогольной продукции: Федер. Закон [Принят Гос. Думой 19.07.1995] // Собрание законодательства РФ. 1995. № 48. Ст. 4555.
6. Шелудько О.Н., Стрижов Н.К., Гугучкина Т.И., Гузик Т.В. Графический образ высококачественных вин // Аналитика и контроль. 2018. Т. 22, № 3. С. 315-326.
7. Идентификация сортовой и региональной принадлежности красных вин методами классификационного анализа / В.О. Титаренко [и др.] // Журнал аналитической химии. 2018. Т. 73, № 2. С. 141-152.
8. Jackowetz J.N., Mira de Orbuca R. Surgey of SO₂ binding carbonyls in 237 red and white table wines // Food Control. 2013. V. 32. P. 687-692.
9. Charlton A.G., M.S. Wrobel, I. Stanimirova [et al.]. Multivariate discrimination of wines with respect to their grape varieties and vintages // Eur. Food Res Technol. 2010. V. 231. P. 733-743.
10. Kosir I.J., Kocjančič M, Ogrinc N, Kidrič J. Use of SNIF-NMR and IRMS in combination with chemometric methods for the determination of chaptalisation and geographical origin of wines (the example of Slovenial wines) // Analitica Chimica Acta. 2001. V. 429. P. 195-206.
11. Кравченко С.Н., Каган Е.С., Столетова А.А. Разработка математической модели оценки качества продукции // Известия вузов. Пищевая технология. 2011. № 4. С. 105-109.
12. Анализ некоторых подходов по оценки качества, подлинности и региональной принадлежности вин / А.А. Каунова [и др.]. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2016. Т. 82, № 8, С. 69-74.

13. Преснякова О.П., Неудахина О.К., Доронин М.Б. Качественный и количественный анализ элементов в винах методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой / М.В. Жиров // Виноделие и виноградарство. 2012. № 6. С. 30-31.
14. Виноградные вина, проблемы оценки их качества и региональной принадлежности / Ю.Ф. Якуба [и др.] // Аналитика и контроль. 2014. Т.8. №4. С. 344-372.
15. Gremaud G., Quaille S., Piantini U., Pfammatter E., Corvi C. Characterization of Swiss vineyards using isotopic data in combination with trace elements and classical parameters // Eur. Food Res. Technol. 2004. V. 219. P. 97-104.
16. Kruzlicova D., Fiket Ž., Kniewald G. Classification of Croatian wine varieties using multivariate analysis of data obtained by high resolution ICP-MS analysis // Food Research International. 2013. V. 54. P. 621-626.
17. Del Mar Castiñeira Gómez M. Classification of German white wines with certified brand of origin by multielement quantitation and pattern recognition techniques // J. Agric. Food Chem. 2004. V. 5. P. 2962-2974.
18. Geana I. Geographical origin identification of Romanian wines by ICP-MS elemental analysis // Food Chemistry.- 2013. - V. 138. - P. 1125-1134.
19. Coetzee P. P. Multi-element analysis of South African wines by ICP-MS and their classification according to geographical origin // Journal of Agricultural and Food Chemistry.- 2005. - V. 53. - P. 5060-5066.
20. Каунова А.А., Петров В.И., Цюпко Т.Г. Идентификация вин по региональной принадлежности на основе мультиэлементного анализа методом АЭС-ИСП // Журнал аналитической химии. 2013. Т. 68. № 9. С. 917-922.
21. Liaw A., Wiener M. Classification and Regression by randomForest // R News. - 2002. - V. 2. - P. 18-22.
22. Probst P. Multilabel Classification with R Package mlr // The R Journal. - 2017. - V. 9. - P. 352-269.

References

1. Panasyuk A.L., Oganesyanc L.A. Miroyve tendencii v proizvodstve i potreblenii vina // Pivo i napitki. 2018. № 1. S.16-18.
2. Hiabahov T.S. Osnovnye usloviya razvitiya kachestvennogo vinodeliya // Vinodelie i vinogradarstvo. 2011. № 5. S. 8-9.
3. Tolokov N.R. Pravovoe regulirovanie naimenovanij vin po proiskhozhdeniyu v Rossii // Vinodelie i vinogradarstvo. 2005. № 2. S. 4-8.
4. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Koch'yan G.A. Tendencii v razvitiu vinogradarstva i vinodeliya, trebuyushchie upravlencheskih reshe-nij // Vinodelie i vinogradarstvo. 2018. № 3. S. 4-10.
5. O gosudarstvennom regulirovanii proizvodstva i oborota etilovogo spirita, alkogol'noj i spirtosoderzhashchej produkcii i ob ogranichenii potrebleniya (raspitiya) alkogol'noj produkcii: Feder. Zakon [Prinyat Gos. Dumoj 19.07.1995] // Sobranie zakonodatel'stv RF. 1995. № 48. St. 4555.
6. Shelud'ko O.N., Strizhov N.K., Guguchkina T.I., Guzik T.V. Graficheskij obraz vysokokachestvennyh vin // Analitika i kontrol'. 2018. Т. 22, № 3. S. 315-326.

7. Identifikaciya sortovoj i regional'noj prinadlezhnosti krasnyh vin metodami klassifikacionnogo analiza / V.O. Titarenko [i dr.] // Zhurnal analiticheskoy himii. 2018. T. 73, № 2. S. 141-152.
8. Jackowetz J.N., Mira de Orbuca R. Surgey of SO₂ binding car-bonyls in 237 red and white table wines // Food Control. 2013. V. 32. P. 687-692.
9. Charlton A.G., M.S. Wrobel, I. Stanimirova [et al.]. Multivariate discrimination of wines with respect to their grape varieties and vintages // Eur. Food Res Technol. 2010. V. 231. P. 733-743.
10. Kosir I.J., Kocjančič M, Ogrinc N, Kidrič J. Use of SNIF-NMR and IRMS in combination with chemometric methods for the determination of chaptalisation and geographical origin of wines (the example of Slovenial wines) // Analitica Chimica Acta. 2001. V. 429. P. 195-206.
11. Kravchenko S.N., Kagan E.S., Stoletova A.A. Razrabotka matematicheskoy modeli ocenki kachestva produkcii // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. 2011. № 4. S. 105-109.
12. Analiz nekotoryh podhodov po ocenki kachestva, podlinnosti i regional'noj prinadlezhnosti vin / A.A. Kaunova [i dr.]. // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. 2016. T. 82, № 8, S. 69-74.
13. Presnyakova O.P., Neudahina O.K., Doronin M.B. Kachestvennyj i kolichestvennyj analiz elementov v vinah metodom mass-spektrometrii s induktivno svyazannoj plazmoj / M.V. Zhiron // Vinodelie i vinogradarstvo. 2012. № 6. S. 30-31.
14. Vinogradnye vina, problemy ocenki ih kachestva i regional'noj prinadlezhnosti / Yu.F. Yakuba [i dr.] // Analitika i kontrol'. 2014. T.8. №4. S. 344-372.
15. Gremaud G., Quaile S., Piantini U., Pfammatter E., Corvi C. Characterization of Swiss vineyards using isotopic data in combination with trace elements and classical parameters // Eur. Food Res. Technol. 2004. V. 219. P. 97-104.
16. Kruzlicova D., Fiket Ž., Kniewald G. Classification of Croatian wine varieties using multivariate analysis of data obtained by high resolution ICP-MS analysis // Food Research International. 2013. V. 54. P. 621-626.
17. Del Mar Castiñeira Gómez M. Classification of German white wines with certified brand of origin by multielement quantitation and pattern recognition techniques // J. Agric. Food Chem. 2004. V. 5. P. 2962-2974.
18. Geana I. Geographical origin identification of Romanian wines by ICP-MS elemental analysis // Food Chemistry.- 2013. - V. 138. - P. 1125-1134.
19. Coetzee P. P. Multi-element analysis of South African wines by ICP-MS and their classification according to geographical origin // Journal of Agricultural and Food Chemistry.- 2005. - V. 53. - P. 5060-5066.
20. Kaunova A.A., Petrov V.I., Cyupko T.G. Identifikaciya vin po regional'noj prinadlezhnosti na osnove mul'tielementnogo analiza metodom AES-ISP // Zhurnal analiticheskoy himii. 2013. T. 68. № 9. C. 917-922.
21. Liaw A., Wiener M. Classification and Regression by random-Forest // R News. - 2002. - V. 2. - P. 18-22.
22. Probst P. Multilabel Classification with R Package mlr // The R Journal. - 2017. - V. 9. - P. 352-269.