



Растровая электронная микроскопия в анализе растительного сырья девичьего винограда (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.)

Ф. Д. Евсиков, А. А. Гудкова✉, А. И. Сливкин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»). 394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1

✉ Контактное лицо: Гудкова Алевтина Алексеевна. E-mail: al.f84@mail.ru

ORCID: Ф. Д. Евсиков – <https://orcid.org/0000-0003-3280-804X>; А. А. Гудкова – <https://orcid.org/0000-0001-5827-5953>;
А. И. Сливкин – <https://orcid.org/0000-0002-7811-8354>.

Статья поступила: 04.01.2024

Статья принята в печать: 19.03.2024

Статья опубликована: 22.03.2024

Резюме

Введение. Виноград девичий пятилисточковый (виноград девичий, виноград виргийский, партеноциссус пятилисточковый, virgin grape, *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.) на настоящий момент используется преимущественно для декоративных целей, но также начинает привлекать ученых разных стран в качестве перспективного источника таких важных соединений, как антоцианы, флавоноиды, органические кислоты, макро- и микроэлементы. Для внедрения растения в медицинскую практику одним из первых шагов является необходимость разработки нормативной документации, позволяющей проводить оценку качества и стандартизацию растительного сырья, и первым этапом данного процесса становится оценка характеристик подлинности объекта.

Цель. Установление морфологических особенностей листа и черешка винограда девичьего пятилисточкового (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.).

Материалы и методы. Объектом исследования были выбраны развитые листья винограда девичьего, заготовленные в Воронежской области летом 2022 года и высушенные в тени. Для проведения эксперимента использовали электронный микроскоп JSM-6510LV, анализ проводили после напыления на образец тонкой пленки золота.

Результаты и обсуждение. Впервые были выявлены главные морфологические особенности листовой пластинки винограда девичьего, установлены различия в морфологической картине верхней и нижней стороны листа, выявлены особенности строения поверхности черешка. С помощью микрорентгеноструктурного анализа выявлено, что в листьях и черешке винограда девичьего в большом количестве присутствуют кальций и калий. В наименьшем количестве из изученных элементов в объекте исследования содержится магний. Показано, что в листьях присутствует незначительное количество хлора, а в состав клеточного содержимого черешка входит небольшое количество натрия.

Заключение. Впервые проведено исследование морфологии поверхности листовой пластинки и черешка винограда девичьего пятилисточкового методом растровой электронной микроскопии. Выявлены и визуализированы основные диагностические особенности растительного сырья. Микрорентгеноструктурный анализ позволил установить состав элементов листовой пластинки и черешка винограда девичьего и выявить способность концентрирования кальция, калия, фосфора.

Ключевые слова: девичий виноград пятилисточковый, *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., растровая электронная микроскопия, морфологические признаки, рентгеноструктурный анализ

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Ф. Д. Евсиковым проводилась заготовка растительного сырья и выполнялась экспериментальная часть, касающаяся оценки идентификационных особенностей винограда девичьего методом растровой электронной микроскопии. А. А. Гудкова и А. И. Сливкин разработали план исследования и участвовали в обработке полученных данных. А. А. Гудкова участвовала в написании текста статьи. Все авторы участвовали в обсуждении результатов.

Для цитирования: Евсиков Ф. Д., Гудкова А. А., Сливкин А. И. Растровая электронная микроскопия в анализе растительного сырья девичьего винограда (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.). *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2024;13(2):118–124. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2024-13-2-1714>

Raster electron microscopy in the analysis of plant raw materials of virgin grapes (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.)

Fedor D. Evsikov, Alevtina A. Gudkova✉, Alexey I. Slivkin

Voronezh State University. 1, Universitetskaya Square, Voronezh, 394018, Russia

✉ Corresponding author: Alevtina A. Gudkova. E-mail: al.f84@mail.ru

ORCID: Fedor D. Evsikov – <https://orcid.org/0000-0003-3280-804X>; Alevtina A. Gudkova – <https://orcid.org/0000-0001-5827-5953>;
Alexey I. Slivkin – <https://orcid.org/0000-0002-7811-8354>.

Received: 04.01.2024

Accepted: 19.03.2024

Published: 22.03.2024

© Евсиков Ф. Д., Гудкова А. А., Сливкин А. И., 2024

© Evsikov F. D., Gudkova A. A., Slivkin A. I., 2024

Abstract

Introduction. Virgin grape (maiden grape, Virginia grape, virgin grape, *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.) is currently used primarily for decorative purposes, but is also beginning to attract scientists from different countries as a promising source of important compounds such as anthocyanins, flavonoids, organic acids, macro- and microelements. To introduce a plant into medical practice, one of the first steps is the need to develop regulatory documentation that allows for quality assessment and standardization of plant materials, and the first stage of this process is the assessment of the characteristics of the authenticity of the object.

Aim. Establish the morphological characteristics of the leaf and petiole of the virgin grape (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.).

Materials and methods. The object of the study was developed leaves of the virgin grape, harvested in the Voronezh region in the summer of 2022 and dried in the shade. To carry out the experiment, a JSM-6510LV electron microscope was used; the analysis was carried out after sputtering a thin film of gold onto the sample.

Results and discussion. For the first time, the main structural features of various morphological features of the leaf blade of the virgin grape were identified, differences in the morphological picture of the upper and lower sides of the leaf were established, and structural features of the surface of the petiole were identified. Using micro-X-ray analysis, it was revealed that calcium and potassium are present in large quantities in the leaves and petiole of virgin grapes. The least amount of the studied elements in the study object contains magnesium. It has been shown that the leaves contain a small amount of chlorine, and the cellular contents of the petiole include a small amount of sodium.

Conclusion. For the first time, a study of the morphology of the surface of the leaf blade and petiole of the virgin grape was carried out using scanning electron microscopy. The main diagnostic features of plant raw materials have been identified and visualized. Micro-X-ray structural analysis made it possible to establish the composition of the elements of the leaf blade and petiole of virgin grapes and revealed the ability to concentrate calcium, potassium, and phosphorus.

Keywords: virgin grape, *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., scanning electron microscopy, morphological characteristics, X-ray analysis

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Fedor D. Evsikov the preparation of plant raw materials was carried out and the experimental part was carried out concerning the assessment of the identification characteristics of virgin grapes using scanning electron microscopy. Alevtina A. Gudkova and Alexey I. Slivkin developed the study plan and participated in processing the obtained data. Alevtina A. Gudkova participated in writing the text of the article. All authors participated in the discussion of the results.

For citation: Evsikov F. D., Gudkova A. A., Slivkin A. I. Raster electron microscopy in the analysis of plant raw materials of virgin grapes (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.). *Drug development & registration*. 2024;13(2):118–124. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2024-13-2-1714>

ВВЕДЕНИЕ

Семейство виноградовых (*Vitaceae*) насчитывает 13 родов, произрастающих преимущественно в тропиках и используемых в качестве цветковых и декоративных растений [1, 2]. На территории Российской Федерации наиболее известны представители родов *Vitis* L. (виноград культурный) и *Parthenocissus* Planch. (виноград девичий). Виноград культурный нашел применение в пищевой и медицинской практике, и, помимо плодов, большой интерес у ученых вызывают листья винограда культурного, являющиеся источником таких важных соединений, как ресвератрол, виниферин и др., а также соединений кальция, калия и магния [3, 4]. Виноград девичий (виноград девичий, виноград виргильский, партеноциссус пятилистковый, virgin grape, *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.) на настоящий момент используется преимущественно для декоративных целей [5, 6], но также начинает привлекать ученых разных стран в качестве перспективного источника аналогичных фенольных соединений и внедрения в медицинскую практику [7–12]. Для этого необходима нормативная документация, позволяющая проводить оценку качества и стандартизацию растительного сырья, и первым этапом дан-

ного процесса выступает оценка характеристик подлинности объекта.

Одним из перспективных методов изучения диагностических признаков растительного сырья является растровая электронная микроскопия (РЭМ), позволяющая провести изучение структуры поверхности образца. Преимуществами данного метода являются быстрота проведения анализа, отсутствие специфической пробоподготовки, получение изображений с высоким (до 0,4 нанометра) пространственным разрешением в широком диапазоне увеличений [13–17].

Целью исследования являлось установление морфологических особенностей листа и черешка винограда девичьего пятилисткового (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве изучаемого объекта выступали виноград девичьего листа высушенные, заготовленные с черешком в летний период от дикорастущего растения на территории Воронежской области в 2022 году.

Предварительно перед проведением исследования образцы листа винограда девичьего как с верхней, так и с нижней стороны, а также черешки подвергались предварительному напылению тонкой металлической пленки золота на установке магнетронного типа для обеспечения проводимости. Далее в работе использовали электронный микроскоп JSM-6510LV¹.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе проведения анализа были получены высококачественные снимки поверхности высушенной листовой пластины дикого винограда с нижней и верхней стороны вместе с частью черешка, позволяющие достоверно установить морфологические особенности объекта исследования.

Клетки эпидермиса нижней стороны листа винограда девичьего сильно извилистые. Главная жилка и жилки первого и второго порядка выделяются на нижней стороне листа, клетки эпидермиса на жилках – с сильно утолщенными стенками (рисунок 1 А). Устьица аномоцитного типа многочисленны, расположены преимущественно на нижней стороне листа, продолговато-эллиптической формы, залегают в одной плоскости с эпидермисом или слегка приподняты над ним (рисунок 1 Б). Многочисленные простые трихомы встречаются по крупным жилкам листа (наибольшее количество по центральной жилке) как сверху, так и снизу листа, а также по краю листа, где они располагаются в несколько рядов (2–3 ряда). Трихомы нескольких типов строения: многоклеточные волоски (2–7 клеток) имеют выраженные утолщения клеточных стенок, которые наиболее отчетливо заметны в местах сочленения клеток, и вытянутые одноклеточные волоски. Трихомы, расположенные по краю листа, одно- или двуклеточные, конусовидной формы, с тупозаостренной верхушкой. Поверхность всех трихом имеет грубобородавчатую структуру (рисунок 1 А, Е). Установлено различие в строении трихом в зависимости от их топографии. Волоски снизу листа более длинные и имеют меньшую частоту встречаемости, чем волоски верхней стороны, которые, в свою очередь, более многочисленны и образуют скопления на главной жилке и жилках первого порядка, особенно в нижней части листа (рисунок 1 А–Е).

Клетки эпидермиса на верхней стороне листа крупные. Общая морфологическая картина верхнего эпидермиса имеет ямчатую структуру. Клеточные стенки плотные, с отчетливо заметной складчатостью (рисунок 1 В–Д).

¹ Центр коллективного пользования научным оборудованием. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». Доступно по: <http://ckp.vsu.ru>. Ссылка активна на 04.01.2024.

На поверхности черешка визуализируются продольные борозды, представленные вытянутыми клетками эпидермиса, встречаются редкие устьица аномоцитного типа. Трихомы редкие, простые, как одноклеточные, так и многоклеточные. Клеточные стенки трихом уплотненные, иногда загнутые, поверхность грубобородавчатая (рисунок 2 А, Б).

Кроме возможности оценки морфологических особенностей, РЭМ дает возможность первичного скрининга качественного состава и количественного содержания некоторых элементов в конкретной точке объекта [14, 18, 19]. Результаты приведены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таблица 1. Состав элементов листа и черешка винограда девичьего

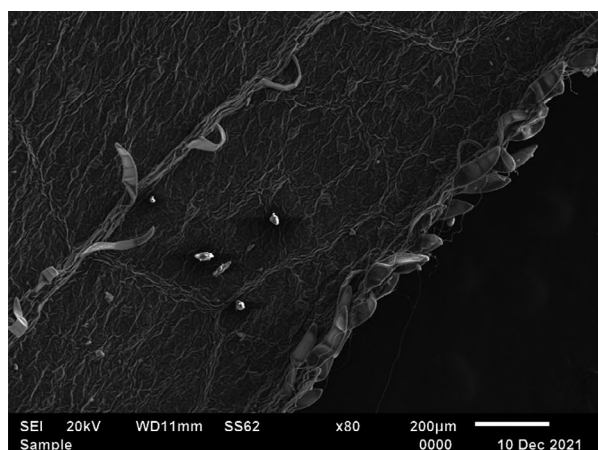
Table 1. Composition of leaf and petiole elements of *Parthenocissus quinquefolia*

Элемент Element	Содержание элементов, % quantitative content of elements, %			
	Листовая пластинка Leaf blade		Черешок листа Leaf petiole	
	Вес Weight	Атом Atom	Вес Weight	Атом Atom
P	17,4	20,2	6,8	8,1
S	7,1	7,9	4,9	5,2
Mg	4,2	6,3	3,9	5,2
K	26,8	24,7	72,7	69,4
Ca	38,7	34,8	11,3	10,6
Cl	5,8	5,9	–	–
Na	–	–	0,9	1,4

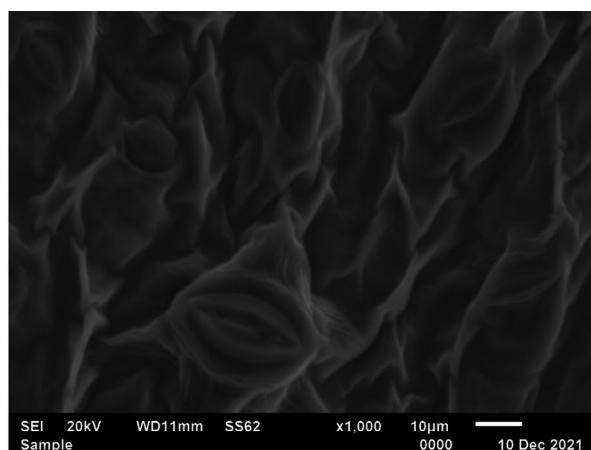
Анализируя данные таблицы 1, необходимо отметить, что из всех исследуемых элементов в наибольшем количестве присутствуют калий и кальций. При сравнении элементного состава листовой пластинки и черешка установлено, что калий в черешке обнаружен в количестве, в три раза превышающем его содержание в листовой пластинке. Кальций и фосфор содержатся в листовой пластинке в несколько раз большем количестве, чем в черешке. Кроме того, показано отличие в элементном составе двух морфологических частей растения: для листовой пластинки характерно наличие хлора, а для черешка – натрия.

Высокое содержание кальциевых соединений в листовой пластинке и черешке растения можно объяснить наличием многочисленных рафид оксалата кальция, расположенных в идиобластах мезофилла листовой пластинки, а также цепочек из друз оксалата кальция, идущих вдоль проводящих пучков, как в листовой пластинке, так и черешке [20].

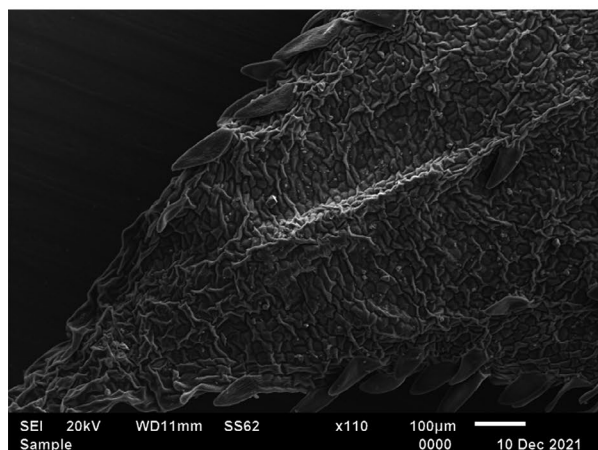
Полученные результаты свидетельствуют о ценности винограда девичьего в качестве потенциального и дополнительного источника легко усваиваемых элементов и дают основание для прогнозирования возможности использования данного вида растительного сырья для восполнения дефицита калия, кальция и фосфора.



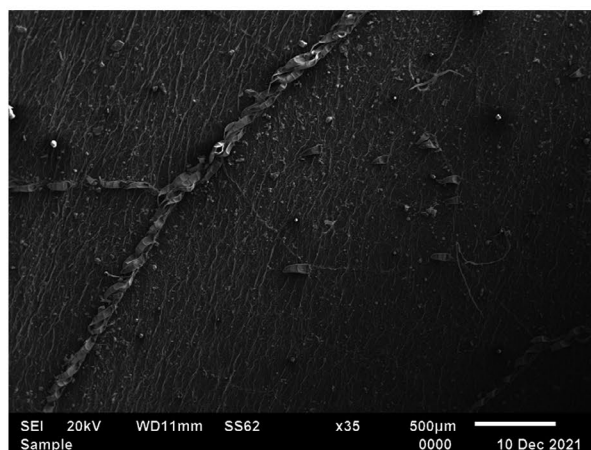
А
A



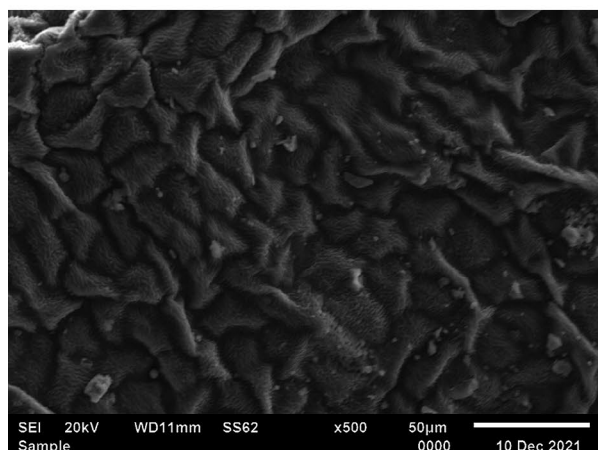
Б
B



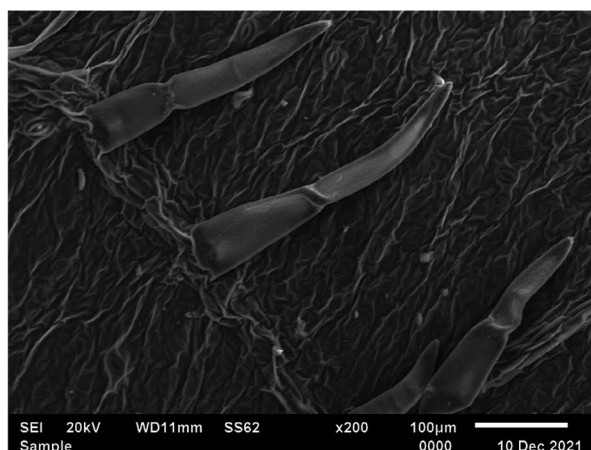
В
C



Г
D



Д
E



Е
F

Рисунок 1. Внешний вид листа винограда девичьего:

А, Б – нижней стороны; В–Д – верхней стороны; Е – трихомы нижней стороны листа

Figure 1. Appearance of a *Parthenocissus quinquefolia* leaf:

А, В – lower side; С–Е – upper side; F – trichomes of the lower side of the leaf

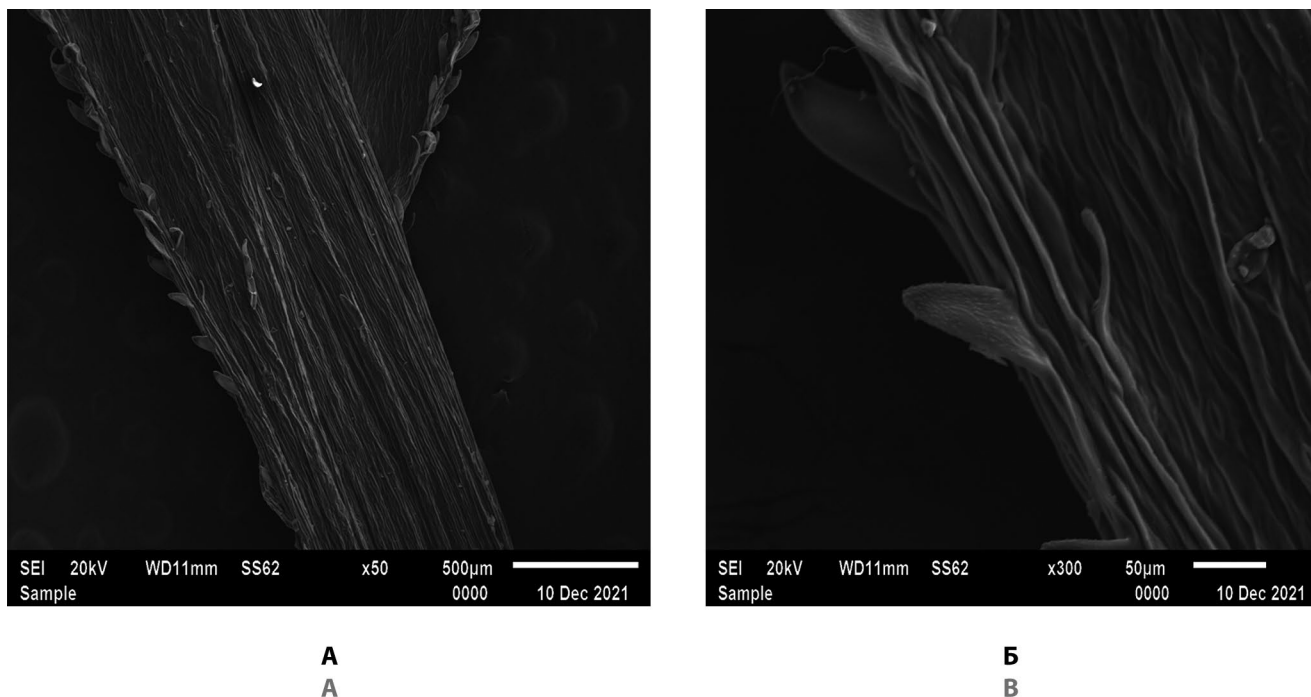


Рисунок 2. Вид черешка листа винограда девичьего (А), одноклеточный волосок на поверхности черешка (Б)
Figure 2. View of the petiole of a *Parthenocissus quinquefolia* leaf (A), single-celled hair on the surface of the petiole (B)

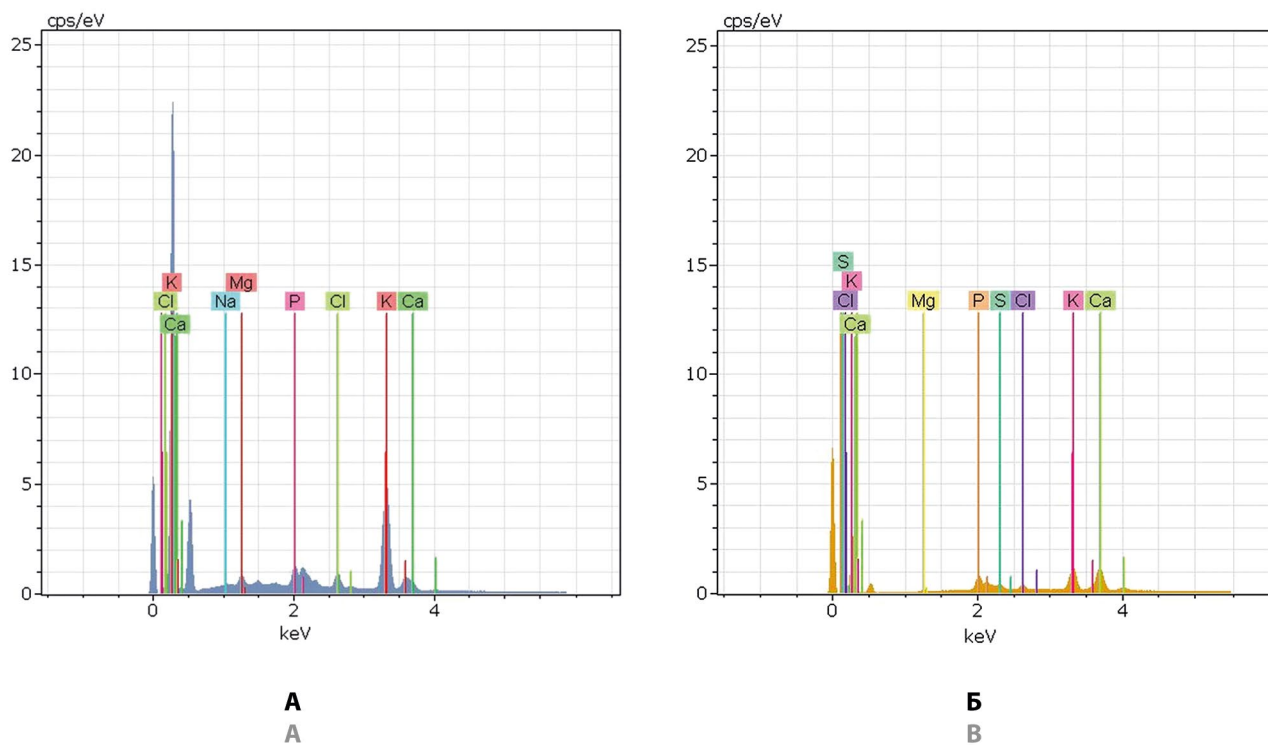


Рисунок 3. Вид линий рентгеновского спектра элементов в заданной точке черешка (А) и листа (Б) винограда девичьего
Figure 3. View of the lines of the X-ray spectrum of elements at a given point of the petiole (A) and leaf (B) of *Parthenocissus quinquefolia*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые проведено исследование морфологии поверхности листовой пластинки и черешка винограда девичьего пятилисточкового методом растровой электронной микроскопии. Выявлены и визуализированы основные диагностические особенности растительного сырья. Микрорентгеноструктурный анализ позволил установить состав элементов листовой пластинки и черешка винограда девичьего и выявить способность концентрирования кальция, калия, фосфора. Показано, что в клетках листовой пластинки присутствует хлор, а в клетках черешка – натрий. Данные микрорентгеноструктурного анализа дают предпосылки для дальнейших исследований растительного сырья винограда девичьего пятилисточкового в качестве перспективного источника жизненно необходимых элементов.

Полученные результаты в дальнейшем можно использовать при диагностике растительного сырья «Винограда девичьего пятилисточкового листа» и разработке проекта нормативной документации на него.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маевский П. Ф. Флора Средней полосы европейской части. 10-е изд. М.: Товарищество научных изданий «КМК»; 2006. 600 с.
2. Губанов И. А., Киселева К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Том 2. Покрывосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: Товарищество научных изданий «КМК»; 2003. 547 с.
3. Дул В. Н., Чупарина Е. В., Даргаева Т. Д., Копытько Я. Ф., Сокольская Т. А. Виноград культурный – *Vitis vinifera* L. – новый источник макро- и микроэлементов. *Вестник ВГУ, серия: география. Геоэкология*. 2010;2:76–78.
4. Сокуренок М. С., Соловьева Н. Л., Бессонов В. В., Мазо В. К. Полифенольные соединения класса стильбеноидов: классификация, представители, содержание в растительном сырье, особенности структуры, использование в пищевой промышленности и фармации. *Вопросы питания*. 2019;88(1):17–25. DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10002.
5. Довганюк А. И., Панова М. Б., Творогов А. В. Аллелопатические свойства представителей рода *Vitis* L. и *Parthenocissus* Planch. в связи с использованием в озеленении. *АгроЭкоИнфо*. 2020;1(39):1–8.
6. Творогов А. В. Использование девичьего винограда пятилисточкового (*Parthenocissus quinquefolia*) в вертикальном озеленении в условиях города. *Вестник ландшафтной архитектуры*. 2018;16:65–68.
7. Zaheer-un-din K., Summiya F., Anjum P. Phytochemical properties and antioxidant activities of leaves and fruits extract of *Parthenocissus quinquefolia* (L.) planch. *Bangladesh Journal of Botany*. 2018;47(1):33–38.
8. Faisal S., Perveen A., Khan Z., Sardar A. Phytochemical screening and antioxidant potential of *Parthenocissus quinquefolia* (L.) planch extracts of bark and stem. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2018;31(5):1813–1816.
9. Ismail N. R., Kadhim E. J. Phytochemical Screening and Isolation of New Compounds. *International Journal of Drug Delivery Technology*. 2021;11(3):1033–1039. DOI: 10.25258/ijddt.11.3.66.
10. Deshmukh O. S. Preliminary phytochemical screening and antibacterial activity of *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. *International Journal of Life Sciences*. 2017;A8:67–71.
11. Рустамов С. А., Муслимова И. М. Определение количества флавоноидов в плодах партеноциссуса пятилисточкового *Parthenocissus quinquefolia*. В сб.: Вестник Пермской государственной фармацевтической академии: Научно-практический журнал. Научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 50-летию кафедры токсикологической химии. Пермь. 14–15 декабря 2022 года. Пермь: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермская государственная фармацевтическая академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2022. С. 238–241.
12. Рустамов С. А., Муслимова И. М. Определение содержания макро- и микроэлементов в плодах партеноциссуса пятилисточкового *Parthenocissus quinquefolia*. В сб.: Вестник Пермской государственной фармацевтической академии: Научно-практический журнал. Научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 50-летию кафедры токсикологической химии. Пермь. 14–15 декабря 2022 года. Пермь: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермская государственная фармацевтическая академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2022. С. 235–238.
13. Ensikat H. J., Ditsche-Kuru P., Barthlott W. Scanning electron microscopy of plant surfaces: simple but sophisticated methods for preparation and examination. *Microscopy: Science, Technology, Applications and Education*. 2010;248–255.
14. Магкоев Т. Т., Силаев И. В., Тваури И. В., Радченко Т. И., Сапунова Н. В., Созаев З. Т. Физические основы растровой электронной микроскопии. Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова; 2022. 187 с.
15. Новиков Ю. А. Современная растровая электронная микроскопия. 2. Тест-объекты для растровой электронной микроскопии. *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. 2023;12:129–146. DOI: 10.31857/S102809602312018X.
16. Алексеев Р. З., Платонова В. А., Гольдерова А. С., Гоголева Т. Е., Трифонова Л. А. Оценка изменений эритроцитов с помощью атомно-силовой и растровой электронной микроскопии (смерть от переохлаждения). *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Медицинские науки*. 2019;2(15):8–17. DOI: 10.25587/SVFU.2019.2(15).31306.
17. Hofer C., Skakalova V., Haas J., Wang X., Braun K., Pennington R. S., Meyer J. C. Atom-by-atom chemical identification from scanning transmission electron microscopy images in presence of noise and residual aberrations. *Ultramicroscopy*. 2021;227(6199):113292. DOI: 10.1016/j.ultramicro.2021.113292.
18. Ковалёва Н. А., Тринеева О. В. Применение растровой электронной микроскопии для изучения морфолого-анатомических признаков облепихи крушиновидной листьев. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2023;12(2):79–86. DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-2-79-86.
19. Гудкова А. А., Чистякова А. С., Синецкая Д. А., Сливкин А. И., Болгов А. С., Болгова М. А. Растровая электронная микроскопия в анализе видов рода *Persicaria* Mill. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2022;11(1):99–105. DOI: 10.33380/2305-2066-2022-11-1-99-105.
20. Кутейникова Е. С., Гудкова А. А. Анатомическое изучение листа лианы девичьего винограда (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.). В сб.: Современные тенденции развития технологий здоровья сбережения: Сборник материалов IX Международная научная конференция молодых ученых. Москва. 16–17 декабря 2021 года. Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»; 2021. 296–300 с. DOI: 10.52101/9785870191027_2021_296.

REFERENCES

1. Maevskiy P. F. Flora of the Central zone of the European part. 10th edition. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy "KMK"; 2006. 600 p. (In Russ.)
2. Gubanov I. A., Kiseleva K. V., Novikov V. S., Tikhomirov V. N. Illustrated guide to plants of Central Russia. Volume 2. Angiosperms (dicots: dioecytes). Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy "KMK"; 2003. 547 p. (In Russ.)
3. Dul V. N., Chuparina E. V., Dargaeva T. D., Kopyt'ko Ya. F., Sokol'skaya T. A. Cultivated grape – *Vitis vinifera* L. – a new source of macro- and microelements. *Vestnik VGU, seriya: geografiya. Geoekologiya*. 2010;2:76–78. (In Russ.)
4. Sokurenko M. S., Solov'eva N. L., Bessonov V. V., Mazo V. K. Polyphenolic compounds of the stilbenoid class: classification, representatives, content in plant materials, structural features, use in the food industry and pharmacy. *Voprosy pitaniya*. 2019;88(1):17–25. (In Russ.) DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10002.

5. Dovganyuk A. I., Panova M. B., Tvorogov A. V. Allelopathic properties of representatives of the genus *Vitis* L. and *Parthenocissus* Planch. in connection with its use in landscaping. *AgroEkoInfo*. 2020;1(39):1–8. (In Russ.)
6. Tvorogov A. V. The use of five-leaf grape (*Parthenocissus quinquefolia*) in vertical gardening in urban conditions. *Vestnik landshaftnoy arkhitektury*. 2018;16:65–68. (In Russ.)
7. Zaheer-un-din K., Summiya F., Anjum P. Phytochemical properties and antioxidant activities of leaves and fruits extract of *Parthenocissus quinquefolia* (L.) planch. *Bangladesh Journal of Botany*. 2018;47(1):33–38.
8. Faisal S., Perveen A., Khan Z., Sardar A. Phytochemical screening and antioxidant potential of *Parthenocissus quinquefolia* (L.) planch extracts of bark and stem. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2018;31(5):1813–1816.
9. Ismail N. R., Kadhim E. J. Phytochemical Screening and Isolation of New Compounds. *International Journal of Drug Delivery Technology*. 2021;11(3):1033–1039. DOI: 10.25258/ijddt.11.3.66.
10. Deshmukh O. S. Preliminary phytochemical screening and antibacterial activity of *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. *International Journal of Life Sciences*. 2017;A8:67–71.
11. Rustamov S. A., Muslimova I. M. Determination of the amount of flavonoids in the fruits of *Parthenocissus quinquefolia*. In: Bulletin of the Perm State National Pharmaceutical Academy: Scientific and practical journal. Scientific and practical conference with international participation, dedicated to the 50th anniversary of the Department of Toxicological Chemistry. Permian. December 14–15, 2022. Perm: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm State Pharmaceutical Academy" of the Ministry of Health of the Russian Federation; 2022. P. 238–241. (In Russ.)
12. Rustamov S. A., Muslimova I. M. Determination of the content of macro- and microelements in the fruits of *Parthenocissus quinquefolia*. In: Bulletin of the Perm State Pharmaceutical Academy: Scientific and practical journal. Scientific and practical conference with international participation, dedicated to the 50th anniversary of the Department of Toxicological Chemistry. Permian. December 14–15, 2022. Perm: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm State Pharmaceutical Academy" of the Ministry of Health of the Russian Federation; 2022. P. 235–238. (In Russ.)
13. Ensikat H. J., Ditsche-Kuru P., Barthlott W. Scanning electron microscopy of plant surfaces: simple but sophisticated methods for preparation and examination. *Microscopy: Science, Technology, Applications and Education*. 2010;248–255.
14. Magkoev T. T., Silaev I. V., Tvaure I. V., Radchenko T. I., Sapunova N. V., Sozaev Z. T. Physical foundations of scanning electron microscopy. Vladikavkaz: North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov; 2022. 187 p. (In Russ.)
15. Novikov Yu. A. Modern raster electronic microscopy. 2. Test objects for scanning electron microscopy. *Poverhnost'. Rentgenovskie, sinkhrotronnye i neytronnye issledovaniya*. 2023;12:129–146. (In Russ.) DOI: 10.31857/S102809602312018X.
16. Alekseev R. Z., Platonova V. A., Golderova A. S., Gogoleva T. E., Trifonova L. A. Assessment of changes in red blood cells using atomic force and scanning electron microscopy (death from hypothermia). *Vestnik of North-Eastern Federal University M. K. Ammosova. Seriya: Medical Sciences*. 2019;2(15):8–17. (In Russ.) DOI: 10.25587/SVFU.2019.2(15).31306.
17. Hofer C., Skakalova V., Haas J., Wang X., Braun K., Pennington R. S., Meyer J. C. Atom-by-atom chemical identification from scanning transmission electron microscopy images in presence of noise and residual aberrations. *Ultramicroscopy*. 2021;227(6199):113292. DOI: 10.1016/j.ultramic.2021.113292.
18. Kovaleva N. A., Trineeva O. V. Application of scanning electron microscopy to study the morphological and anatomical characteristics of sea buckthorn leaves. *Drug development & registration*. 2023;12(2):79–86. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-2-79-86.
19. Gudkova A. A., Chistyakova A. S., Sinetskaya D. A., Slivkin A. I., Bolgov A. S., Bolgova M. A. Scanning electron microscopy in the analysis of species of the genus *Persicaria* Mill. *Drug development & registration*. 2022;11(1):99–105. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2022-11-1-99-105.
20. Kuteynikova E. S., Gudkova A. A. Anatomical study of the leaf of the vine vine (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.). In: Modern trends in the development of health saving technologies: Collection of materials IX International national scientific conference of young scientists. Moscow. December 16–17, 2021. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants"; 2021. 296–300 p. (In Russ.) DOI: 10.52101/9785870191027_2021_296.