

УДК 631.4

DOI: 10.19047/0136-1694-2026-129-84-110



Ссылки для цитирования:

Кондратюк Н.В., Астапчук И.Л., Гладченко Д.Н., Кузнецова Н.А., Смолич О.С., Ребух Н.Я. Микробиом почв различных ампелоценозов // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2026. Вып. 129. С. 84-110. DOI: 10.19047/0136-1694-2026-129-84-110

Cite this article as:

Kondratyuk N.V., Astapchuk I.L., Gladchenko D.N., Kuznetsova N.A., Smolich O.S., Rebouh N.Y., Microbiome of ampelocenoses of various soil types, Dokuchaev Soil Bulletin, 2026, V. 129, pp. 84-110, DOI: 10.19047/0136-1694-2026-129-84-110

Благодарность.

Публикация выполнена в рамках Проекта <№ 202787-2-000> Системы грантовой поддержки научных Проектов РУДН.

Вклад авторов. Концепция – Астапчук И.Л. и Смолич О.С.; методология – Астапчук И.Л.; программное обеспечение – Гладченко Д.Н., Кондратюк Н.В.; валидация – Ребух Н.Я.; формальный анализ – Кузнецова Н.А.; исследование – Кондратюк Н.В.; Кузнецова Н.А., Астапчук И.Л., Смолич О.С., Гладченко Д.Н.; ресурсы – Астапчук И.Л. и Смолич О.С.; обработка данных – Кузнецова Н.А и Ребух Н.Я.; написание – оригинальный текст – Кондратюк Н.В и Ребух Н.Я.; написание – рецензирование и редактирование – Ребух Н.Я.; визуализация – Астапчук И.Л., Ребух Н.Я. Все авторы ознакомились с опубликованной версией рукописи и согласились с ней.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявление об использовании технологий искусственного интеллекта. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Заявление о доступности данных.

Все данные, полученные в ходе этого исследования, включены в опубликованную статью.

Acknowledgments.

The publication has been supported by the RUDN University Scientific Projects Grant System, project № < 202787-2-000>.

Authors' contributions. Conceptualization – Astapchuk I.L. and Smolich O.S.; methodology – Astapchuk I.L.; software – Gladchenko D.N., Kondratyuk N.V.; validation – Rebouh N.Y.; formal analysis – Kuznetsova N.A.; research – Kondratyuk N.V., Kuznetsova N.A., Astapchuk I.L., Smolich O.S., Gladchenko D.N.; resources – Astapchuk I.L. and Smolich O.S.; data processing – Kuznetsova N.A., Rebouh N.Y.; writing – original text – Kondratyuk N.V., Rebouh N.Y.; writing – review and editing – Rebouh N.Y.; visualization – Astapchuk I.L., Rebouh N.Y. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Statement on the use of artificial intelligence technologies.

No generative artificial intelligence technologies were used in the creation of this article.

Data availability.

All data obtained during this study are included in the published article.

Микробиом почв различных ампелоценозов

© 2026 г. Н. В. Кондратюк¹, И. Л. Астапчук¹, Д. Н. Гладченко¹,
Н. А. Кузнецова¹, О. С. Смолич¹, Н. Я. Ребух^{2,3*}

¹Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина”, Россия,
350044, Краснодар, ул. Калинина, 13.

²ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, Россия,
119017, Москва, Пыжевский пер, 7, стр. 2,

*<https://orcid.org/0000-0002-8621-6595>, e-mail: rebukh-nya@rudn.ru.

³Российский Университет Дружбы Народов, Россия,
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6.

Поступила в редакцию 21.05.2025, после доработки 02.03.2026,
принята к публикации 21.08.2026

Резюме: Виноград занимает значительное место в мировом сельском хозяйстве, а успешное его возделывание зависит от микробиологического состава почвы, который влияет на ее плодородие и здоровье растений. Целью исследования было изучение структурной организации микробиома почв под виноградом различного типа. Для анализа микробиома почвы были отобраны образцы из ризосферной и неризосферной зон дикого винограда: бурых лесных и аллювиальных луговых. А также была изучена почва ампелографической коллекции Кубанского ГАУ – чернозем выщелоченный (центральная зона

Краснодарского края). В исследовании использовались методы последовательных разведений и посева на питательные среды для идентификации микроорганизмов. Анализ включал определение численности фитопатогенных грибов и бактерий: аммонификаторов, азотфиксаторов, целлюлозоразрушающих бактерий, нитрификаторов и денитрификаторов. Также проводился агрохимический анализ почв, включающий определение гумуса, нитратного азота, фосфора и калия. В почвенных образцах аллювиальных луговых нативного ценоза было выделено самое большое количество микромицетов и аммонификаторов. В условиях нативного ценоза бурых лесных почв была отмечена наибольшая численность азотфиксаторов, целлюлозоразрушающих бактерий, нитрификаторов и денитрификаторов. Агрохимический анализ выявил значительные различия в удельной электропроводности, содержании гумуса, нитратного азота, фосфора и калия между образцами. Корреляционный анализ позволил выявить ряд взаимосвязей между агрохимическими показателями и количеством микромицетов почвенных образцов. Была выявлена сильная прямая взаимосвязь между КОЕ бактерий и агрохимическими параметрами ($R = 0.92$) и слабая взаимосвязь между показателями грибов и бактерий ($R = -0.056$). В целом отмечена тенденция снижения количества и разнообразия микроорганизмов в ампелоценозе по сравнению с нативными ценозами винограда.

Ключевые слова: виноград; почвенный микробиом; грибы; бактерии; MALDI-TOF.

Microbiome of ampelocenoses of various soil types

© 2026 N. V. Kondratyuk¹, I. L. Astapchuk¹, D. N. Gladchenko¹,
N. A. Kuznetsova¹, O. S. Smolich¹, N. Y. Rebouh^{2,3*}

¹Kuban State Agrarian University named after I. T. Trublin,
13 Kalinina str., Krasnodar 350044", Russian Federation.

²Federal Research Centre "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute",
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 119017, Russian Federation,

*<https://orcid.org/0000-0002-8621-6595>, e-mail: rebukh-nya@rudn.ru.

³Environmental Engineering Institute of RUDN University,
6 Miklukho-Maklaya St., Moscow 117198, Russian Federation.

Received 21.05.2025, Revised 02.03.2026, Accepted 21.08.2026

Abstract: Grapes hold a prominent position in global agriculture, and their successful cultivation is closely related to the microbiological composition of

the soil, which influences both fertility and plant health. This study aimed to investigate the structural organization of the soil microbiome in different grape-growing soils. Soil samples were collected from both the rhizosphere and non-rhizosphere zones of wild grape plants growing on brown forest and alluvial meadow soils. Additionally, soil from the ampelographic collection of the Kuban State Agrarian University characterized as leached chernozem, sampled in the central zone of the Krasnodar Krai, was examined. Microorganisms were identified using serial dilution techniques followed by culturing on selective media. The analysis focused on quantifying key microbial groups, including phytopathogenic fungi, ammonifying bacteria, nitrogen fixers, cellulolytic bacteria, nitrifiers, and denitrifiers. An agrochemical assessment of the soils was also conducted, measuring parameters such as humus content, nitrate nitrogen, available phosphorus, and potassium levels. The highest numbers of micromycetes and ammonifying bacteria were isolated from soil samples of native alluvial meadow cenoses. In contrast, native brown forest soils harbored the greatest abundance of nitrogen-fixing, cellulolytic, nitrifying, and denitrifying microorganisms. Agrochemical analysis revealed significant differences among the samples in electrical conductivity, humus content, nitrate nitrogen, phosphorus, and potassium concentrations. Correlation analysis identified several relationships between agrochemical properties and microbial abundance. A strong positive correlation was found between bacterial colony-forming units (CFUs) and agrochemical parameters ($R = 0.92$), while a weak negative correlation was observed between fungal and bacterial populations ($R = -0.056$). Overall, a reduction in both the abundance and diversity of soil microorganisms was noted in cultivated ampelocenoses compared to native grape cenoses.

Keywords: grapes; soil microbiome; fungi; bacteria; MALDI-TOF.

ВВЕДЕНИЕ

Среди плодовых и ягодных культур виноград занимает лидирующую позицию по объему производства (Hajji-Hedfi et al., 2025). Выращиванием винограда занимаются 75 стран мира. На долю винограда приходится около 32.5% от общего объема мировой продукции садоводства. При этом свыше 80% урожая используется для производства вина, около 10–12 % потребляется в свежем виде, а 5% перерабатывается в сушеную продукцию – изюм и кишмиш (Зармаев, 2020).

Значение выращивания винограда важно для экономики, которое заключается в том, что культура винограда возможна на та-

ких землях, которые малопригодны для возделывания других растений, например, на каменистых почвах, крутых склонах, песчаных землях. Благодаря относительной засухоустойчивости виноградная лоза может произрастать в пустынных и полупустынных местностях. Помимо данных почв, виноград выращивают на легких по гранулометрическому составу почвах: суглинистые, песчаные, которые содержат большое количество щебня, хряща, камней. Виноград хорошо растет в широких пределах pH почвенной среды от 5.0 до 8.8, но экологический оптимум составляет 6.5–8.5 (Шеуджен и др., 2013).

Для успешного выращивания винограда на почвах по различному гранулометрическому составу, агрохимическим и агрофизическим параметрам, необходимо обращать внимание также и на состав почв по присутствию в них микроорганизмов различного происхождения, включая бактерии и патогенные микромицеты, так как их концентрация и видовой состав могут оказывать существенное влияние на плодородие почв (Коба и др., 2025; Ould Amer et al., 2023).

По мере того, как виноградарство все больше основывается на понимании микробных сообществ в почве, исследования все чаще сосредотачиваются на том, какие факторы, включая методы ведения виноградников и географическое расположение, формируют состав этих сообществ, особенно в отношении патогенных микромицетов и бактерий. Микробиом почв виноградников включает разнообразные виды микроорганизмов, среди которых присутствуют как патогенные, так и супрессивные грибы и бактерии. Микрофлора почв может включать в себя патогенные грибы, такие как *Fusarium* spp. (Link.), *Cephalosporium* sp., и *Rhizopus* sp. Ehrenb (Reboun et al., 2020). Данные микромицеты могут наносить вред виноградной лозе, вызывая заболевания корневой системы, листьев и стеблей. *Fusarium* spp. активно развивается на почвах, где ранее росли такие культуры, как кукуруза и сахарная свекла, а также на полях севооборота, свободных от возделывания культур (Morales-Castilla et al., 2023). Постоянное присутствие этих грибов приводит к накоплению инфекций, что создает риск для фитосанитарного состояния виноградников (Россельхозцентр, 2024). Кроме патогенных, в почве обнаруживаются сапротрофные грибы,

такие как *Aspergillus* sp. (Micheli ex Haller) и *Penicillium* sp. (Link), которые при значительном накоплении вызывают “утомление почвы” и снижают ее качество. Грибы рода *Trichoderma* Pers. способствуют оздоровлению почвы, улучшают разложение растительных остатков и снижают патогенную нагрузку, особенно если применяются препараты-деструкторы. Также основными и преобладающими родами, обитающими в почвах винограда, являются микромицеты родов *Alternaria* Nees, *Verticillium* Kleb., *Mucor* Fresen., которые также могут играть значительную роль, участвуя в разложении органических веществ, но при этом могут представлять угрозу, вызывая различные заболевания виноградной лозы (Лукиянов, 2020).

В дополнение к грибам микробное сообщество обогащено бактериями рода *Pseudomonas* Migula, которые, как и другие микроорганизмы, играют важную роль в азотном обмене и фитостимуляции растений (Семенов, 2025). Также отмечается разнообразие бактерий, включая азотфиксирующие, аммонификаторы и целлюлозоразрушающие микроорганизмы, которые играют важную роль в поддержании плодородия почвы. Например, актиномицеты, такие как *Streptomyces* Waksman and Henrici и *Nocardia* Trevisan, участвуют в минерализации органического вещества и структурировании почвы, особенно в местах, где предшественниками были бобовые культуры (Россельхозцентр, 2024; Завьялова и др., 2022). Благодаря способности метаболизировать сложные органические соединения микроорганизмы *Arthrobacter* sp. играют важную роль в разложении органического вещества, поддерживая устойчивое агроэкологическое состояние почвы (Волынчук и др., 2022).

Исследования показывают, что патогенные микромицеты широко распространены в почвах виноградников и могут сохраняться там длительное время, представляя постоянную угрозу здоровью растений. В своей работе Brilhante et al. (Brilhante et al., 2017) описали устойчивость *Fusarium* и *Phytophthora* de Bary в почвах виноградников, подчеркивая их способность выживать в различных условиях. Дальнейшие исследования Makádi et al. (Makádi et al., 2022) показали, что методы ведения сельского хозяйства, такие как внесение органических удобрений и сокраще-

ние механической обработки почвы, могут влиять на распространённость этих грибов. Их исследования показали, что определённые агротехнические подходы, включая добавление органического вещества и снижение использования химических средств, способствуют формированию более разнообразного микробного сообщества, которое способно подавлять рост патогенных микроорганизмов.

Географическое положение также играет важную роль в составе почвенных микробных сообществ. Lundberg и др. (Lundberg et al., 2015) продемонстрировали, что разнообразие микроорганизмов в почвах виноградников определяется не только физико-химическими характеристиками почвы, но и климатическими условиями окружающей среды. Это исследование показало, что в регионах с высокой влажностью и частыми осадками преобладают патогены, такие как *Phytophthora* и *Pythium* Pringsheim, в то время как в засушливых районах чаще встречаются грибы рода *Fusarium*. Таким образом, климатические условия региона оказывают решающее влияние на состав патогенных микромицетов.

Баланс между полезными и патогенными микроорганизмами в почве виноградников является сложным взаимодействием. Некоторые микробные таксоны обладают способностью естественным образом подавлять развитие патогенов. Hill и др. (Hill et al., 2021) ввели концепцию “микробного терруара”, согласно которой микробиом почвы не только оказывает прямое влияние на здоровье лозы, но и может выступать в качестве естественного барьера против почвенных патогенов. Это подтверждается исследованиями Ruiz и Portillo (Ruiz, Portillo, 2022), которые изучали взаимодействие между подвойми виноградной лозы и микробиомом почвы. Они установили, что некоторые подвои способствуют развитию полезных микробных сообществ, способных ингибировать рост патогенных грибов, предлагая тем самым экологически безопасный метод борьбы с почвенными заболеваниями без использования химикатов.

Методы ведения виноградников, особенно выбор между органическим и традиционным виноградарством, также оказывают значительное влияние на микробиом почвы. Perazzolli et al. (Perazzolli et al., 2023) сравнили микробиомы органических и тра-

диционных виноградников и обнаружили, что органическое земледелие способствует большему разнообразию почвенных микроорганизмов, что, в свою очередь, снижает распространенность патогенных грибов. Органические методы, такие как использование зеленого удобрения и севооборот, способствуют развитию полезных бактерий и грибов, которые конкурируют с патогенами и подавляют их рост. В то же время традиционные методы часто приводят к сокращению биоразнообразия почвы, что способствует доминированию патогенов, таких как *Fusarium* и *Rhizoctonia*.

В связи с выше сказанным, изучение микробиома почв винограда является актуальным. **Целью исследований было изучение структурной организации микробиома различных типов почв винограда и их агрохимических показателей.**

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Отбор почвенных образцов проведен в зоне произрастания дикого винограда и ампелографической коллекции в следующих точках (табл. 1) малогабаритным буром конструкции С.Ф. Неговельова по профилю до глубины 0–20 см методом конверта с формированием объединенной пробы.

Анализ микробиома почвы винограда проводился методом последовательных разведений до –6-й степени. С предельной степени разведения производим газонный посев почвенной суспензии в объеме 250 мкл на плотные питательные среды (Эшби; Гетчинсона и Клейтона; ГРМ) при помощи шпателя Дригальского. Для идентификации микромицетов в почвенной суспензии посев производился с –3-й степени на картофельно-глюкозный агар с добавлением 10%-ной лимонной кислоты (табл. 1). Посев каждого разведения проводился в трех повторностях (3 чашки Петри для твердых питательных сред и 3 пробирки для жидких сред) для каждого смешанного образца. Инкубация 3–7 дней при $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Число колониеобразующих единиц на грамм сухой почвы (КОЕ/г) определено методом последовательных разведений. Подсчет количества пропагул или КОЕ бактерий и грибов на 1 г воздушно-сухой почвы рассчитывали по формуле 1:

$$X = (a \times c) : (v \times m), \quad (1)$$

где a – среднее количество колоний на чашке Петри;
 v – объем наносимой суспензии;
 c – разведение почвенной суспензии;
 m – вес почвы, взятой для анализа.

Посев на жидкие питательные среды проводился методом внесения почвенной суспензии объемом 555 мкл с –4-й и –5-й степенями разведения в пробирки с целью идентификации бактерий нитрификаторов 1-й и 2-й фазы, целлюлозоразлагающих аэробных и анаэробных бактерий и денитрификаторов.

Таблица 1. Типы почв и места отбора образцов (2024)
Table 1. Soil types and sampling sites (2024)

Тип почвы	Место отбора проб		Координаты
Бурые лесные насыщенные глинистые на делювиальных глинах (Крымский район, хутор Даманка)	1	Куст 1.1	44°57'53.3"N 37°46'43.2"E
	2	Куст 1.2	44°57'50.8"N 37°46'35.6"E
	3	Куст 1.3	44°57'58.8"N 37°47'54.8"E
	4	Куст 2	44°96'49.22"N 37°77'83.05"E
Аллювиальные луговые пойменные среднесуглинистые на аллювиальных суглинках (Абинский район, хутор Нечаевский)	5	Куст 2.2	45°09'30.2"N 38°17'08.4"E
	6	Куст 2.4	45°09'33.3"N 38°17'06.0"E
	7	Куст 2.5	45°09'34.4"N 38°17'05.8"E
	8	Куст 2.6	45°09'38.1"N 38°17'04.8"E
Чернозем выщелоченный малогумусный сверхмощный на лессовидных суглинках (Учебно-опытное хозяйство “Кубань”, Краснодар)	9	Ампелографическая коллекция КубГАУ	45°06'41.02"N 38°86'84.24"E

Посевы инкубировались при $t = 25\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 2–3 недели. Через 2 недели после посева возбудителей I фазы нитрификации проведена реакция на аммоний с реактивом Несслера (раствор дигидрата тетраиодомеркурата калия ($\text{K}_2[\text{HgI}_4] \times 2\text{H}_2\text{O}$) в щелочной среде), а на азотистую кислоту – с реактивом Грисса (смесь 1-нафтиламина, сульфаниловой кислоты и винной кислоты). При изучении возбудителей II фазы нитрификации проведена реакция на азотистую кислоту с реактивом Грисса, при ее отсутствии – на азотную кислоту с дифениламином (несколько кристаллов дифениламина помещалось в концентрированную серную кислоту – 2–3 капли на предметном стекле – и добавляется несколько капель культуральной жидкости). Определение продуктов восстановления нитратов в процессе денитрификации проведено с помощью реактива Грисса.

Первичное определение выделенных штаммов микромицетов производилось с использованием микроскопов Olympus BX41 AXIO SCOPE. A1, PZO WARSZAWA SK14 06142, а также отечественной и зарубежной определительной литературы (Пидопличко; Саттон).

Идентификацию изолятов проводили методами исследования морфологических и тинкториальных свойств и масс-спектрометрии с использованием масс-спектрометра MALDI-TOF MS (“BactoSCREEN, Литех”, Россия) по белковым профилям (Agustini et al., 2018) на базе центра биотехнологий Кубанского ГАУ.

Агрохимический анализ образцов почв проводился согласно общепринятым ГОСТам: ГОСТ 26423-85; ГОСТ 28268-89; ГОСТ 26213-91; ГОСТ 26951-86; ГОСТ 26295-91. Для проведения анализа были использованы смеси образцов 3 точек отбора почвы:

- 1) бурые лесные (смесь образцов 1–4);
- 2) аллювиальные луговые (смесь образцов 5–8);
- 3) чернозем выщелоченный (образец 9).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований микробиоты различных типов почв на питательных средах были выделены колонии микромицетов (36 штаммов). Патогенные и условно-патогенные грибы были

представлены 12 родами, среди которых основу составляли представители *Aspergillus* sp. P. Micheli ex Haller, (1768), *Penicillium* sp. Link, (1809) и других (рис. 1).



Образец 6,
аллювиальная
луговая

Образец 4,
бурая лесная

Образец 9,
чернозем
выщелоченный

Рис. 1. Микромицеты почвенной микробиоты анализируемых участков (КГА).

Fig. 1. Micromycetes of the soil microbiota according to the analyzed sites (PGA).

Общая численность микромицетов варьировала от 2 млн КОЕ/г в черноземе выщелоченном до 4.9 млн КОЕ/г в бурых лесных почвах (табл. 2). Видовое разнообразие, напротив, было максимальным в черноземе (12 видов) и минимальным в бурых лесных (7 видов).

Численность аммонификаторов (рис. 2, табл. 3) была максимальной в бурых лесных почвах (до 3.8×10^9 КОЕ/г), что свидетельствует о наиболее активных процессах минерализации органического вещества в данном типе почв.

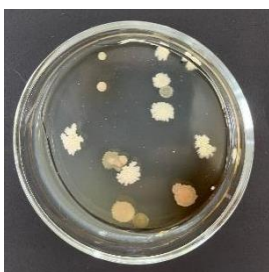
Численность азотфиксаторов и целлюлозолитиков (табл. 3) была максимальной в аллювиально-луговых почвах (6.4×10^7 и 9.2×10^7 КОЕ/г соответственно), что коррелирует с высоким содержанием органического вещества в данном типе почвы.

Таблица 2. Количество микромицетов различных типов почв
Table 2. The number of micromycetes according to soil types

Образцы		КОЕ
Бурые лесные насыщенные глинистые на делювиальных глинах (Крымский район, хутор Даманка)	1	4×10^5
	2	1.2×10^5
	3	1.6×10^5
	4	1.2×10^5
Аллювиальные луговые пойменные среднесуглинистые на аллювиальных суглинках (Абинский район, хутор Нечаевский)	5	1.2×10^5
	6	2.2×10^5
	7	1.7×10^6
	8	4×10^4
Чернозем выщелоченный малогумусный сверхмощный на лессовидных суглинках (Учебно-опытное хозяйство “Кубань”, Краснодар)	9	2×10^5



Образец 5,
аллювиальная луговая



Образец 4,
бурая лесная



Образец 9,
чернозем
выщелоченный

Рис. 2. Аммонификаторы почвенной микробиоты анализируемых участков (ГРМ).

Fig. 2. Ammonifiers of the soil microbiota according to the analyzed sites.

Таблица 3. Численность и групповой состав микрофлоры различных типов почв, 2024 г., тыс/г сухой почвы
Table 3. Abundance and group composition of microflora according to the various soil types, 2024, thousand/g of dry soil

Образец		Аммонификаторы	Азотфиксаторы	Целлюлолитики	Нитрификаторы		Денитрификаторы
					Фаза 1	Фаза 2	
Бурая лесная	1	3.8×10^9	4×10^6	5.2×10^7	6.8×10^7	$< 1 \times 10^4$	1×10^4
	2	7.2×10^7	4×10^6	2×10^7	4×10^6	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
	3	4×10^6	1.2×10^7	4×10^6	2×10^7	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
	4	7.6×10^7	1.2×10^7	3.6×10^7	1.2×10^7	$< 1 \times 10^4$	1×10^4
Аллювиальная луговая	5	1.2×10^8	1.2×10^7	4×10^6	1.2×10^7	$< 1 \times 10^4$	1×10^4
	6	1.2×10^7	2.4×10^7	2.8×10^7	1.2×10^7	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
	7	3.2×10^9	1.7×10^8	9.2×10^7	4×10^8	$< 1 \times 10^4$	1×10^5
	8	5.6×10^7	5.2×10^7	5.2×10^7	4×10^6	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
Чернозем выщелоченный		3.6×10^7	3.6×10^7	8×10^6	1×10^7	$< 10^4$	1×10^4

Численность нитрификаторов 1-й фазы достигала $6,8 \times 10^7$ в бурых лесных почвах. Тогда как нитрификации 2-ой фазы, так же как и денитрификаторы в подавляющем большинстве образцов, находились на уровне предела обнаружения метода ($< 1 \times 10^4$). Лишь в одном образце аллювиально-луговой почвы (образец 8) численность денитрификаторов составила 1×10^5 . Полученные данные свидетельствуют о низкой активности на завершающих этапах нитрификации и процесса денитрификации в исследованных почвах, что может быть связано с недостатком кислорода субстрата или иными лимитирующими факторами.

Значения $< 1 \times 10^4$ КОЕ/г соответствуют пределу обнаружения культурального метода и отражают лишь культивируемую долю микробного сообщества, что не позволяет напрямую интерпретировать их как низкую общую микробную активность.

Максимальное видовое разнообразие бактерий выявлено в бурых лесных почвах (13 видов, 28 штаммов), минимальное – в аллювиально-луговых (5 видов, 14 штаммов) (табл. 4). Во всех типах почв доминировали спорообразующие бактерии родов *Bacillus* и *Priestia*. Видовая структура различалась: в бурых лесных преобладали *Bacillus cereus* и *Peribacillus simplex*, в черноземе и аллювиальных почвах – *Priestia megaterium*. Среди доминантов присутствуют виды, значимые для биоконтроля и биотехнологии.

По общей численности и видовому составу бактерий в целом нативные ценозы отличались незначительно. Данные по численности микромицетов изученных участков имели тенденцию снижения количества и разнообразия микроорганизмов в ампелоценозе по сравнению с нативными ценозами винограда.

Также в ходе исследования был проведен агрохимический анализ почв (табл. 5), включающий определение удельной электропроводности, гумуса, содержание нитратного азота (N-NO_3), фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) по Мачигину.

Агрохимический анализ (табл. 5) выявил следующие межвидовые различия:

- аллювиально-луговые почвы: максимум гумуса (6.87%) и подвижного фосфора (69.7 мг/кг);
- бурые лесные почвы: максимум калия (546.8 мг/кг) и электропроводности (0.153 мСм/см);

Таблица 4. Видовой состав бактерий почвенных образцов, 2024

Table 4. Bacterial species composition of soil samples, 2024

Вид	Бурые лесные насыщенные глинистые на делювиальных глинах (Крымский район, хутор Даманка)	Аллювиальные луговые пойменные среднесуглинистые на аллювиальных суглинках (Абинский район, хутор Нечаевский)	Чернозем выщелоченный малогумусный сверхмощный на лесовидных суглинках (Учебно-опытное хозяйство “Кубань”, Краснодар)
<i>Bacillus cereus</i>	++++++	++++	_*
<i>Peribacillus simplex</i>	++++++	++	++
<i>Priestia megaterium</i>	+++	+++++	+++++
<i>Bacillus pumilus</i>	+++	-	++
<i>Bacillus thuringiensis</i>	++	+	-
<i>Bacillus mycoides</i>	+	-	-
<i>Tsukamurella paurometabola</i>	+	-	-
<i>Acinetobacter lwoffii</i>	+	-	-
<i>Bacillus subtilis</i>	+	-	-
<i>Bacillus mojavensis</i>	+	-	-

Продолжение таблицы 4
Table 4 continued

Вид	Бурые лесные насыщенные глинистые на делювиальных глинах (Крымский район, хутор Даманка)	Аллювиальные луговые пойменные среднесуглинистые на аллювиальных суглинках (Абинский район, хутор Нечаевский)	Чернозем выщелоченный малогумусный сверхмощный на лесовидных суглинках (Учебно-опытное хозяйство “Кубань”, Краснодар)
<i>Alishewanella fetalis</i>	+	-	-
<i>Alishewanella fetalis</i>	+	-	-
<i>Solibacillus silvestris</i>	+	-	-
<i>Exiguobacterium aurantiacum</i>	+	-	-
<i>Metabacillus idriensis</i>	-	+	-
<i>Lysinibacillus</i> sp	-	+	-
<i>Pseudarthrobacter oxydans</i>	-	++	-
<i>Bacillus muralis</i>	-	+	-

Продолжение таблицы 4
Table 4 continued

Вид	Бурые лесные насыщенные глинистые на делювиальных глинах (Крымский район, хутор Даманка)	Аллювиальные луговые пойменные среднесуглинистые на аллювиальных суглинках (Абинский район, хутор Нечаевский)	Чернозем выщелоченный малогумусный сверхмощный на лесовидных суглинках (Учебно-опытное хозяйство “Кубань”, Краснодар)
<i>Arthrobacter globiformis</i>	-	+	-
<i>Peribacillus simplex</i>	-	+	-
<i>Priestia megaterium</i>	-	+	-

Примечание. * – организм не обнаружен.

Note. * – organism was not detected.

Таблица 5. Агрохимические показатели почвенных образцов анализируемых участков, 2024 г.

Table 5. Agrochemical parameters of soil samples according to the analyzed sites, 2024

Образец	Удельная электропровод- ность, мСм/см	N-NO ₃ , мг/кг	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
				По Мачигину	
Аллювиальная луговая	0.152 ± 0.008	10.90 ± 4.989	6.87 ± 1.124	69.7 ± 2.643	484.4 ± 12.774
Буряя лесная	0.153 ± 0.010	11.47 ± 3.205	5.27 ± 0.83	43.8 ± 9.54	546.8 ± 25.2
Чернозем вы- щелоченный	0.080 ± 0.015	16.40 ± 1.352	2.65 ± 0.012	54.3 ± 0.451	357.0 ± 5.886

- чернозем выщелоченный: максимум нитратного азота (16.40 мг/кг) при минимуме гумуса (2.65%).

Наибольшая изменчивость (по стандартному отклонению) наблюдается по гумусу и калию в аллювиальной луговой и бурой лесной почвах, что указывает на их высокую пространственную гетерогенность. В черноземе выщелоченном показатели более стабильны. Агрохимические показатели представлены по объединенным пробам и отражают фоновые характеристики участков.

Линейный коэффициент корреляции между КОЕ грибов и КОЕ бактерий (аммонификаторы) (рис. 3) равен $R = -0.056$, что указывает на очень слабую отрицательную связь.

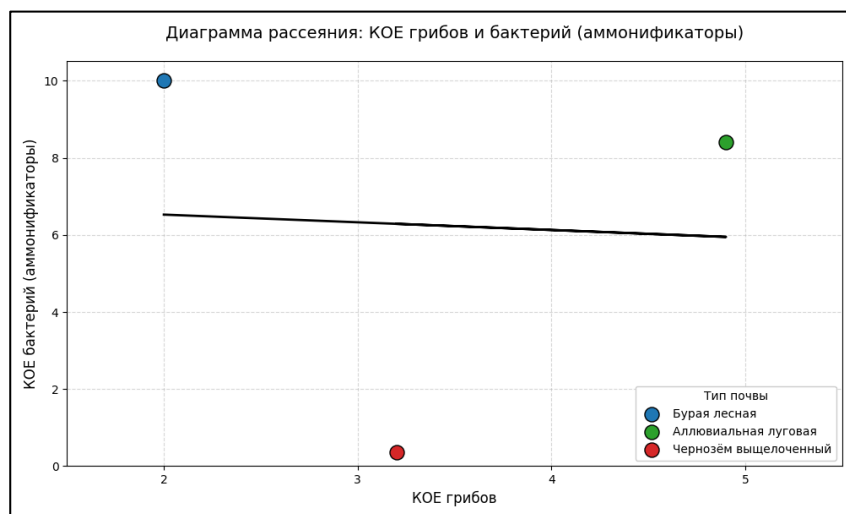


Рис. 3. Коэффициент корреляции между КОЕ грибов и КОЕ бактерий (аммонификаторы).

Fig. 3. Correlation coefficient between CFU of fungi and CFU of bacteria (ammonifiers).

Это означает, что статистически значимой зависимости между количеством грибов и бактерий в исследуемых образцах не наблюдается. Аллювиальная луговая почва демонстрирует наиболее благоприятные условия для развития как грибов, так и бакте-

рий (аммонификаторов), что подтверждается высокими значениями КОЕ для обоих показателей. Бурая лесная почва имеет благоприятные условия для развития бактерий (аммонификаторов), но менее благоприятные для развития грибов, что видно по низкому значению КОЕ грибов. Чернозем выщелоченный показывает оптимальные условия для развития грибов, но наименее благоприятные для бактерий (аммонификаторов) по сравнению с другими районами.

Линейный коэффициент корреляции между каноническими переменными КОЕ бактерий и агрохимическими показателями (рис. 4) составляет $R = 0.92$ и отражает зависимость между показателями в пределах имеющейся выборки ($n = 3$), что может свидетельствовать о наличии выраженной тенденции к прямой связи между этими параметрами в исследованных образцах. Учитывая ограниченное число независимых точек, данный результат следует рассматривать как предварительное наблюдение, требующее подтверждения на расширенной выборке.

Бурые лесные и аллювиальные луговые почвы демонстрируют наиболее благоприятные условия для развития микроорганизмов, что подтверждается высокими значениями КОЕ бактерий и агрохимических показателей. Чернозем выщелоченный показывает наименьшие значения как для КОЕ бактерий, так и для агрохимических показателей, что может указывать на менее благоприятные условия для развития микроорганизмов.

В данном исследовании был проведен анализ микробиома почв нативного ценоза винограда бурых лесных насыщенных глинистых на делювиальных глинах (Крымский район, хутор Даманка) и аллювиальных луговых пойменных среднесуглинистых на аллювиальных суглинках (Абинский район, хутор Нечаевский), также почв ампелографической коллекции – чернозема выщелоченного малогумусного сверхмощного на лессовидных суглинках. Основные результаты показали, что в аллювиальных луговых почвах нативного ценоза было выделено наибольшее количество микромицетов и аммонификаторов, тогда как в бурых лесных почвах наблюдалась высокая численность азотфиксаторов, целлюлозоразрушающих бактерий, нитрификаторов и денитрификаторов.

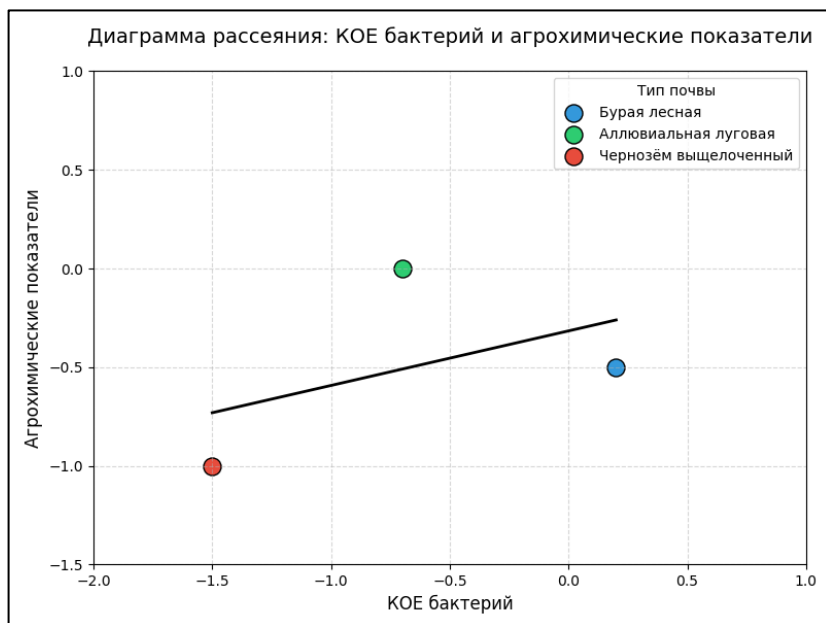


Рис. 4. Коэффициент канонической корреляции между КОЕ бактерий и агрохимическими показателями.

Fig. 4. Coefficient of canonical correlation between CFU of bacteria and agrochemical indicators.

Следует учитывать, что культуральный метод позволяет оценить лишь культивируемую часть микробного сообщества. Значительная доля микроорганизмов остается некультивируемой и не отражается в показателях КОЕ, что ограничивает интерпретацию полученных результатов.

Результаты данного исследования согласуются с предыдущими работами, которые также подчеркивают важность микробиома почвы для плодородия и здоровья растений. Например, исследования Lundberg et al. (2015) и Yeoh et al. (2020) показали, что состав почвенных микроорганизмов сильно зависит от географического положения и климатических условий, что подтверждается нашими данными о различиях в микробиоме между бурыми лес-

ными и аллювиальными луговыми почвами. Кроме того, наши результаты о высокой численности азотфиксаторов и целлюлозоразрушающих бактерий в образцах бурых лесных почвах согласуются с исследованиями Brillhante et al. (2017), которые также отмечали важность этих микроорганизмов для поддержания плодородия почвы.

Однако наши данные о снижении разнообразия микроорганизмов в ампелоценозе, по сравнению с нативными ценозами, несколько расходятся с результатами Perazzolli et al. (2023), которые обнаружили, что органическое земледелие способствует большему разнообразию почвенных микроорганизмов. Это может быть связано с различиями в методах ведения виноградников или с особенностями исследуемых зон.

Полученные результаты могут быть объяснены различиями в агрохимических и климатических условиях между исследуемыми районами. Например, более высокая численность азотфиксаторов в образцах бурых лесных почв может быть связана с более благоприятными условиями для азотфиксации, такими как оптимальный уровень влажности и температуры. Высокое содержание гумуса в образцах аллювиальных луговых почв может способствовать активному разложению органических веществ, что объясняет большое количество аммонификаторов.

Полученные результаты могут служить основой для дальнейших исследований виноградарства, так как они подчеркивают необходимость учета микробиологического состава почвы при выборе методов ведения виноградников. Понимание взаимосвязей между микробиомом почвы и агрохимическими параметрами может помочь в разработке более эффективных стратегий управления почвенным здоровьем и повышения урожайности винограда.

Данное исследование предоставляет важные данные о структурной организации микробиома почв нативного ценоза винограда и его взаимосвязи с агрохимическими параметрами. Результаты подчеркивают значимость микробиологического состава почвы для успешного выращивания винограда и указывают на необходимость дальнейших исследований в этой области. Наши данные могут быть использованы для разработки более эффективных стратегий управления фитосанитарным состоянием почвы,

что в конечном итоге будет способствовать повышению урожайности и устойчивости виноградников.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы были достигнуты следующие ключевые результаты: в аллювиальных луговых почвах зафиксирована максимальная численность микромицетов (3.2 млн КОЕ/г) и аммонификаторов (3.2×10^9 КОЕ/г), что коррелирует с высоким содержанием гумуса (6.87%). Для бурых лесных почв характерна повышенная активность азотфиксирующих (1.2×10^7 КОЕ/г), целлюлозолитических (5.2×10^7 КОЕ/г) и нитрифицирующих (6.8×10^7 КОЕ/г) микроорганизмов. Чернозем выщелоченный ампелографической коллекции отличается сниженным микробным разнообразием (2 млн КОЕ/г) и доминированием ограниченного числа видов (*Priestia megaterium*).

Выявлены различия агрохимических показателей: аллювиальные почвы характеризуются максимальным содержанием гумуса (6.87%) и подвижного фосфора (69.7 мг/кг). Бурые лесные почвы демонстрируют наивысшие значения калия (546.8 мг/кг) и электропроводности (0.153 мСм/см). Чернозем выщелоченный выделяется повышенным содержанием нитратного азота (16.4 мг/кг) при минимальных показателях гумуса (2.65%).

Корреляционный анализ выявил слабую отрицательную связь между численностью грибов и бактерий ($R = -0.056$). При анализе трех интегральных проб почвы наблюдалась тенденция к прямой зависимости ($R = 0.92$) между количеством бактерий и агрохимическими параметрами, что требует дополнительной проверки.

В исследованных условиях наблюдается тенденция к более высоким значениям показателей нативных ценозах (в 1.5–2 раза). Однако различия могут быть обусловлены комплексом факторов (тип почвы, география, особенности землепользования) и требуют проверки на сопоставимых парах “ампелоценоз – нативный участок” в пределах одного района.

Разработка стратегий управления почвенным здоровьем на основе данных о микробиологическом составе почвы, позволит повысить урожайность и устойчивость виноградников. Получен-

ные результаты могут служить основой для дальнейших исследований научного сообщества и практики в виноградарстве, предлагая новые подходы к управлению почвенным здоровьем и повышению урожайности. Дальнейшие исследования в этой области могут способствовать развитию более устойчивых и экологически безопасных методов ведения сельского хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волинчук, Н.Н.; Жук, О.Н. Биоразнообразие микробного сообщества винограда культурного (*Vitis vinifera*). *Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук* **2022**, (2), 8–28.
2. Завьялова, Н.Е.; Васбиева, М.Т.; Ямалтдинова, В.Р.; Шляпина, Я.В. Характеристика гуминовых кислот дерново-подзолистой почвы при длительном воздействии разных систем удобрения. *Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева* **2022**, (111), 97–115. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2022-111-97-115>.
3. Зармаев, А.А. *Виноградарство с основами технологии первичной переработки винограда*; Юрайт: Москва, 2020.
4. Шеуджен, А.Х.; Бондарева, Т.Н.; Кизинек, С.В. *Агрохимические основы применения удобрений*; ОАО “Полиграф ЮГ”: Майкоп, 2013.
5. Коба, В.П.; Новицкий, М.Л.; Пшеничников, Н.А.; Нагорняк, А.А. Почвенные условия биоценозов *Quercus pubescens* Willd. Южного берега Крыма. *Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева* **2025**, (125), 111–137. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2025-125-111-137>.
6. Лукьянов, А.А. Состав почвенных микромицетов при различной системе содержания почвы на виноградных насаждениях. *Вестник Казанского государственного аграрного университета* **2020**, (26), 59.
7. Семенов, М.В. Микробиологические показатели динамики почвенного углерода. *Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева* **2025**, (124), 116–143. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2025-124-116-143>.
8. ФГБУ Россельхозцентр. Микологический анализ почв в Краснодарском крае (2024). Результат микологического анализа почвы в хозяйствах Краснодарского края за 2 квартал 2024 года; ФГБУ “Россельхозцентр” по Краснодарскому краю.
9. Agustini, B.C.; Da Silva, G.A.; Bonfim, T.M.B. MALDI-TOF MS Supplementary Database for Species Identification Employing the Yeast Diversity Encountered on Southern Brazil Grapes. *Folia Microbiologica* **2018**,

(63), 685–693.

10. Brilhante, I.; Patrícia, A.; António, A. From Vineyard Soil to Wine Fermentation: Microbiome Approaches to Wine Microbiology. *Frontiers in Microbiology* **2017**, (8), 821. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00821>.

11. Makádi, L.; Káta, Z.; Kónya, Z. Bacterial Community Structure Responds to Soil Management in the Vineyard. *Microorganisms* **2022**, (10), 989. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10050989>.

12. Hajji-Hedfi, L.; Wannassi, T.; Tawfeeq Al-Ani, L.K.; Balbool, B.A.; Tissaoui, S.; Mougou-Hamdane, A.; Hamdi, W.; Azeem, A.M.A.; Rebouh, N.Y. Investigating the Potential Role of Beneficial Rhizobacteria for Protecting Grapevine Health and Promoting Growth. *Frontiers in Sustainable Food Systems* **2025**, (9), 1619801. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1619801>.

13. Hill, M.C.; Goddard, M.R.; Castle, M.J. Sources and Assembly of Microbial Communities in Vineyards as a Basis for the Concept of Microbial Terroir. *Frontiers in Microbiology* **2021**, (12), 673810. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.673810>.

14. Lundberg, Z.R.; Bowen, M.L.; Kistler, D.A.; Gilbert, J.A. The Soil Microbiome Influences Grapevine-Associated Microbiota. *mBio* **2015**, (6), e02527-14. <https://doi.org/10.1128/mBio.02527-14>.

15. Morales-Castilla, M.L.; García de Cortázar-Atauri, P.A.; Wolkovich, E.M. Effects of Vineyard Agro-Management Practices on Soil Bacterial Communities. *Soil Biology and Biochemistry* **2023**, (166), 108496. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108496>.

16. Ould Amer, S.; Aliat, T.; Kucher, D.E.; Bensaci, O.A.; Rebouh, N.Y. Investigating the Potential of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Mitigating Water Deficit Effects on Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.). *Agriculture* **2023**, (13), 552. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030552>.

17. Perazzolli, M.; Campisano, S.; Pertot, I. Organic vs. Conventional: Impact of Cultivation Treatments on the Soil Microbiota in Vineyards. *Frontiers in Microbiology* **2023**, (14), 1242267. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1242267>.

18. Rebouh, N.Y.; Latati, M.; Polityko, P.; Kucher, D.; Hezla, L.; Norezzine, A.; Kalisa, L.; Utkina, A.; Vvedenskiy, V.; Gadzhikurbanov, A.; Ivanov, N. Influence of Three Cultivation Technologies to Control *Fusarium* spp. in Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Production under Moscow Conditions. *Research on Crops* **2020**, (1), 17–25. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.003>.

19. Ruiz, M.A.; Portillo, M.C. Grapevine Rootstock and Soil Microbiome Interactions: Keys for a More Sustainable Viticulture. *Horticulturae* **2022**, (8), 254. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040254>.

20. Yeoh, Y.K.; Dennis, P.G.; Hugenholtz, P. Wine Terroir and the Soil

Bacteria: An Amplicon Sequencing–Based Assessment. *Frontiers in Microbiology* **2020**, (11), 597944. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.597944>.

REFERENCES

1. Volynchuk, N.N.; Zhuk, O.N. Biodiversity of the Microbial Community of Cultivated Grapes (*Vitis vinifera*). *Bulletin of Polessky State University. Series of Natural Sciences* **2022**, (2), 8–28. (In Russ.)
2. Zavyalova, N.E.; Vasbieva, M.T.; Yamaltdinova, V.R.; Shlyapina, Ya.V. Characteristics of Humic Acids in Sod-Podzolic Soil under Long-Term Exposure to Different Fertilization Systems. *Dokuchaev Soil Bulletin* **2022**, (111), 97–115. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2022-111-97-115> (In Russ.)
3. Zarmaev, A.A. *Viticulture with the Basics of Primary Grape Processing Technology*; Yurayt: Moscow, 2020. (In Russ.)
4. Sheudjen, A.H.; Bondareva, T.N.; Kizinek, S.V. *Agrochemical Foundations of Fertilizer Application*; JSC Polygraph YUG: Maykop, 2013. (In Russ.)
5. Koba, V.P.; Novitsky, M.L.; Pshenichnikov, N.A.; Nagorniyak, A.A. Soil Conditions of Biocenoses *Quercus pubescens* Willd. of the Southern Coast of Crimea. *Dokuchaev Soil Bulletin* **2025**, (125), 111–137. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2025-125-111-137> (In Russ.)
6. Lukyanov, A.A. Composition of Soil Micromycetes with Different Soil Content Systems in Grape Plantations. *Vestnik of Kazan State Agrarian University* **2020**, (26), 59. (In Russ.)
7. Semenov, M.V. Microbiological Indicators of Soil Carbon Dynamics. *Dokuchaev Soil Bulletin* **2025**, (124), 116–143. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2025-124-116-143> (In Russ.)
8. FGBU Rosselkhoz nadzor. Mycological Analysis of Soils in the Krasnodar Region (2024). The Result of Mycological Analysis of Soil in Farms of the Krasnodar Territory for the 2nd Quarter of 2024; Federal State Budgetary Institution “Rosselkhoz nadzor” in the Krasnodar Territory. (In Russ.)
9. Agustini, B.C.; Da Silva, G.A.; Bonfim, T.M.B. MALDI-TOF MS Supplementary Database for Species Identification Employing the Yeast Diversity Encountered on Southern Brazil Grapes. *Folia Microbiologica* **2018**, (63), 685–693.
10. Brilhante, I.; Patrícia, A.; António, A. From Vineyard Soil to Wine Fermentation: Microbiome Approaches to Wine Microbiology. *Frontiers in Microbiology* **2017**, (8), 821. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00821>.
11. Makádi, L.; Káta, Z.; Kónya, Z. Bacterial Community Structure Responds to Soil Management in the Vineyard. *Microorganisms* **2022**, (10), 989.

<https://doi.org/10.3390/microorganisms10050989>.

12. Hajji-Hedfi, L.; Wannassi, T.; Tawfeeq Al-Ani, L.K.; Balbool, B.A.; Tissaoui, S.; Mougou-Hamdane, A.; Hamdi, W.; Azeem, A.M.A.; Rebouh, N.Y. Investigating the Potential Role of Beneficial Rhizobacteria for Protecting Grapevine Health and Promoting Growth. *Frontiers in Sustainable Food Systems* **2025**, (9), 1619801. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1619801>.

13. Hill, M.C.; Goddard, M.R.; Castle, M.J. Sources and Assembly of Microbial Communities in Vineyards as a Basis for the Concept of Microbial Terroir. *Frontiers in Microbiology* **2021**, (12), 673810. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.673810>.

14. Lundberg, Z.R.; Bowen, M.L.; Kistler, D.A.; Gilbert, J.A. The Soil Microbiome Influences Grapevine-Associated Microbiota. *mBio* **2015**, (6), e02527-14. <https://doi.org/10.1128/mBio.02527-14>.

15. Morales-Castilla, M.L.; García de Cortázar-Atauri, P.A.; Wolkovich, E.M. Effects of Vineyard Agro-Management Practices on Soil Bacterial Communities. *Soil Biology and Biochemistry* **2023**, (166), 108496. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108496>.

16. Ould Amer, S.; Aliat, T.; Kucher, D.E.; Bensaci, O.A.; Rebouh, N.Y. Investigating the Potential of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Mitigating Water Deficit Effects on Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.). *Agriculture* **2023**, (13), 552. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030552>.

17. Perazzolli, M.; Campisano, S.; Pertot, I. Organic vs. Conventional: Impact of Cultivation Treatments on the Soil Microbiota in Vineyards. *Frontiers in Microbiology* **2023**, (14), 1242267. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1242267>.

18. Rebouh, N.Y.; Latati, M.; Polityko, P.; Kucher, D.; Hezla, L.; Norezzine, A.; Kalisa, L.; Utkina, A.; Vvedenskiy, V.; Gadzhikurbanov, A.; Ivanov, N. Influence of Three Cultivation Technologies to Control *Fusarium* spp. in Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Production under Moscow Conditions. *Research on Crops* **2020**, (1), 17–25. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.003>.

19. Ruiz, M.A.; Portillo, M.C. Grapevine Rootstock and Soil Microbiome Interactions: Keys for a More Sustainable Viticulture. *Horticulturae* **2022**, (8), 254. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040254>.

20. Yeoh, Y.K.; Dennis, P.G.; Hugenholtz, P. Wine Terroir and the Soil Bacteria: An Amplicon Sequencing-Based Assessment. *Frontiers in Microbiology* **2020**, (11), 597944. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.597944>.