

Мария Игоревна Мурзина<sup>1✉</sup>, Валентина Георгиевна Пузырнова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Новочеркасск, Ростовская область, Россия

<sup>2</sup>Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова Донского ГАУ, Новочеркасск, Ростовская область, Россия

<sup>1</sup>mari.murzina.84@mail.ru

<sup>2</sup>valentina.puzirnova@yandex.ru

## ЧЕРНАЯ ГНИЛЬ ВИНОГРАДА (ОБЗОР)

Цель исследования – систематизировать имеющиеся знания о черной гнили (*Guignardia bidwellii*) винограда на основе анализа литературы. Задачи: всесторонне проанализировать научные публикации, касающиеся этиологии, симптоматики, диагностики и методов борьбы (профилактики устойчивости хозяйев, агротехники, санитарии, микробиомы и фунгицидов). С увеличением частоты проявления экстремальных погодных явлений, обусловленных глобальным потеплением, наблюдаются изменения в распространении и вредоносности грибковой инфекции. Одной из таких болезней, наносящих экономический ущерб производству, является черная гниль винограда. Черная гниль, вызываемая грибковыми заболеваниями, наносит серьезный ущерб растениям, поражая листья, стебли, плоды и корневую систему. Профилактические меры борьбы (агротехнические) с черной гнилью включают хорошо проветриваемые формировки кустов, предотвращающие загущение кроны, своевременную прополку и подвязку, обработку виноградника фунгицидами биологической и химической природы с учетом физиолого-биохимических показателей устойчивости винограда к стрессам. Необходимо создавать и внедрять новые сорта, обладающие устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам, повышенной устойчивостью к черной гнили; проводить наблюдения с применением БПЛА и искусственного интеллекта, передовых программных технологий. Борьба с черной гнилью на стадии вегетации позволяет сохранить качество продукции при хранении, предотвращая ее загнивание. Следует изучать динамику биогенных аминных соединений готовой продукции при поражении винограда черной гнилью. Грамотное сочетание способов и методов борьбы с заболеванием позволит эффективно защитить виноградник от черной гнили и получить урожай хорошего качества, сохранив при этом экологический баланс окружающей среды и обеспечив тем самым устойчивое развитие виноградарства в целом.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, виноград, методы защиты винограда, агротехнические мероприятия, черная гниль винограда

**Для цитирования:** Мурзина М.И., Пузырнова В.Г. Черная гниль винограда (обзор) // Вестник КрасГАУ. 2026. № 2. С. 15–34. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-2-15-34.

**Финансирование:** работа выполнена в рамках Государственного задания Минобрнауки России для ВНИИВиВ – филиала ФГБНУ ФРАНЦ № FNFZ 2022-0005.

Maria Igorevna Murzina<sup>1✉</sup>, Valentina Georgievna Puzyrnova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Research Center Kurchatov Institute, Novocherkassk, Rostov Region, Russia

<sup>2</sup>Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A.K. Kortunov of the Donskoy State Agrarian University, Novocherkassk, Rostov Region, Russia

<sup>1</sup>mari.murzina.84@mail.ru

<sup>2</sup>valentina.puzirnova@yandex.ru

## BLACK ROT OF GRAPES (REVIEW)

The aim of the study is to systematize existing knowledge about black rot (*Guignardia bidwellii*) of grapes through a literature review. Objectives: to comprehensively analyze scientific publications on the etiology, symptoms, diagnosis, and control methods (host resistance prevention, agricultural practices, sanitation, microbiome, and fungicides). With the increasing frequency of extreme weather events due to global warming, changes in the distribution and severity of fungal infections are observed. One such disease, causing economic damage to production, is black rot of grapes. Caused by fungal diseases, black rot causes serious damage to plants, attacking leaves, stems, fruits, and the root system. Preventive measures (agrotechnical) to combat black rot include well-ventilated bush formations that prevent crown thickening, timely weeding and gartering, and treatment of the vineyard with biological and chemical fungicides, taking into account the physiological and biochemical indicators of grape resistance to stress. It is necessary to develop and introduce new varieties with resistance to biotic and abiotic stresses, including increased resistance to black rot, and conduct monitoring using unmanned aerial vehicles, artificial intelligence, and advanced software technologies. Controlling black rot during the growing season helps maintain product quality during storage, preventing decay. It is important to study the dynamics of biogenic amine compounds in finished products affected by black rot. A well-designed combination of disease control methods and strategies will effectively protect vineyards from black rot and produce a good-quality harvest, while maintaining the ecological balance of the environment and thereby ensuring the sustainable development of viticulture as a whole.

**Keywords:** agriculture, grapes, grape protection methods, agronomic measures, black rot of grapes

**For citation:** Murzina MI, Puzyrnova VG. Black rot of grapes (review). *Bulletin of KSAU*. 2026;(2):15-34. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-2-15-34.

**Funding:** the work was carried out under the State Assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for the All-Russian Research Institute for Viticulture and Winemaking, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution FRARC No. FNFZ 2022-0005.

**Введение.** Черная гниль – опасное грибковое заболевание винограда, вызываемое грибом *Guignardia bidwellii*, способное уничтожить значительную часть урожая. Грибок поражает все части растения: листья (появляются характерные пятна), побеги и, что особенно опасно – сами ягоды, которые впоследствии загнивают и опадают. На листьях и побегах появляются темные пятна. Зараженные ягоды сначала становятся бурыми, затем чернеют и сморщиваются, превращаясь в так называемые «мумии». Понимание причин, симптомов и методов борьбы с этим заболеванием является основой для успешного ведения виноградарства. Важно, чтобы виноградари осознавали необходимость постоянного мониторинга состояния виноградных насаждений, применения эффективных методов борьбы и профилактики, выбора сортов, а также использования современных технологий для повышения устойчивости виноградников. Успешная борьба с черной гнилью (комплекс мер) требует от виноградарей не только знаний и навыков, но и постоянного стремления к совершенствованию. Только так можно обеспечить высокую урожайность и качество винограда,

что, в свою очередь, будет являться залогом успешного и устойчивого развития винодельческой отрасли в целом.

**Цель исследования** – систематизировать имеющиеся знания о черной гнили (*Guignardia bidwellii*) винограда на основе анализа литературы.

**Задачи:** всесторонне проанализировать научные публикации, касающиеся этиологии, симптоматики, диагностики и методов борьбы (профилактики устойчивости хозяйств, агротехники, санитарии, микробиомы и фунгицидов).

**Объекты и методы.** Объектом исследования является виноград как важная сельскохозяйственная культура, подверженная различным заболеваниям, среди которых черная гниль занимает одно из ведущих мест.

Предметом исследования выступает сам процесс поражения винограда черной гнилью, включая причины ее возникновения, симптомы, методы борьбы и профилактические меры, направленные на защиту растений. Также рассматривается влияние этого заболевания на урожайность и качество винограда, что позволяет глубже понять его экономическое значение и

разработать эффективные стратегии для минимизации потерь в виноградарстве.

Методы исследования – сравнительно-аналитический и системный.

### Результаты и их обсуждение

*Описание симптомов, вредоносности и распространенности заболевания.* Черная гниль – грибковое заболевание винограда, родом из Северной Америки, распространившееся по Европе, Южной Америке и Азии. Во влажном климате приводит к полной потере урожая. Сорта *Vitis vinifera* особенно восприимчивы к данной болезни [1].

В условиях интенсификации виноградарства в современных виноградарских регионах наблюдаются изменения в распространении и вредоносности некоторых болезней, а также существенные трансформации патоккомплексов под воздействием меняющихся климатических факторов, обусловленных глобальным потеплением и увеличением частоты проявления экстремальных погодных явлений [2, 3]. В результате этого меняется видовой состав фитопатогенных грибов и степень их вредоносности [4]. Полученные данные нужно учитывать при создании адаптивных технологий при фитосанитарной оптимизации виноградных насаждений [5].

Черная гниль (возбудитель – факультативный сапрофит, вызывающий отмирание ткани под эпидермисом растения-хозяина) относится к группе болезней, развивающихся исключительно на виноградной лозе. Зачастую это заболевание считают второстепенным, но в отдельные годы оно принимает массовый характер. Благоприятные условия для развития черной гнили – повышенная влажность и температура воздуха [6, 7].

Недостаточность эффективных способов борьбы с заболеванием приводит к потерям урожая винограда [8]. Вирусные и грибные заболевания наносят наибольший экономический вред виноградным растениям [9–12]. Так, у отдельных сортов при проявлении «летних» гнилей ягод винограда потери составляли до 80 % урожая. Была установлена связь между температурой, содержанием сахара и развитием гнилей [13].

Наблюдаемое в последние годы увеличение пораженности ягод на виноградниках грибковыми заболеваниями (в частности на старых) вызвано накоплением их на многолетних частях виноградной лозы. И это, в свою очередь, связано с ненадлежащим уровнем агротехниче-

ских мероприятий и большим количеством заброшенных виноградников [14]. Несовершенство способов борьбы с заболеванием также ведет к потерям урожая [15].

Существуют пробелы в классификации фенотипов заболевания, а также ограничения и противоречия в предыдущих исследованиях. Для эффективного изучения заболевания в дальнейшем необходимо ясно определить основные проблемы и спорные моменты, а также наметить перспективные направления исследований [16].

Фитосанитарный контроль за виноградными насаждениями осуществляется на территории Российской Федерации уполномоченными федеральным органом исполнительной власти [17].

**Таксономическое положение и биологические особенности возбудителя заболевания.** Черная гниль является факультативным сапрофитом, вызывающим некротизацию тканей виноградной лозы. Заболевание часто считается второстепенным, но в отдельные годы оно проявляется массово (эпифитотии). Развитию черной гнили способствуют высокая влажность и температура воздуха, особенно поражая растущие ягоды винограда [18]. Отмечается также рост вредоносности ранее хозяйственно незначимых гнилей винограда, вызываемых *Aspergillus niger* V. Tiegh., *Rhizopus nigricans* Ehr., *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link и альтернариоза [19].

Гриб относится к типу *Ascomycota*, классу *Dothideomycetes*, порядку *Botryosphaerales*, семейству *Botryosphaeraceae* и роду *Guignardia* [20].

Аскоспоры гриба выделяются преимущественно в начале и во время цветения (с началом дождей). Заражение листьев незначительно коррелирует с поражением гроздей. Вторичное заражение не играет существенной роли при поражении гроздей. Для распространения заболевания необходимо постоянное количество первичного инокулята. В традиционных системах виноградарства (ручная обрезка) черную гниль можно предотвратить с помощью санитарных мер [21].

Ягоды коричневеют и становятся черными, на них появляются пикниды, содержащие инокулят. Пикниды зимуют в трещинах и повреждениях и способны заражать другие кусты после перезимовки. Становятся активны при температуре выше 10 °C [22]. В дальнейшем черная гниль поражает зеленые части растений и ягоды [23].

Сроки появления черной гнили – с апреля по октябрь при высокой влажности и температуре 12–32 °С. Заболевание проявляется на средних листьях: сначала возникают зеленые бугорки диаметром 2–3 мм с темным ободком. Ткань пятна сухая с мелкими блестящими черными точками вдоль жилок. Если пятно пересекает жилку, оно удлиняется, возможно образование серовато-белого налета [24].

Сезонное проявление черной гнили начинается в июне-июле. Столовые сорта Молдова и Италия наиболее уязвимы, с поражением до 60 % гроздей, что снижает их товарность и требует дополнительных расходов на удаление больных ягод. Также заболевание фиксируется на сортах Мускат белый, Шабаш, Кокур белый, Асма и Белградский бессемянный. Они также подвержены заболеванию, но степень поражения гроздей не превышает 10 % [25].

**Агротехнические приемы защиты.** Агротехнические меры борьбы с черной гнилью винограда включают профилактику, обрезку, использование удобрений и мероприятия, обеспечивающие хорошее проветривание кустов (формировки, удаление неплодоносящих побегов, подвязка) [26], предотвращающие загущенность кроны, своевременные прополку и подвязку, а также обработку вегетирующих растений фунгицидами химической природы [27].

В Австралии разработана стратегия обрезки для искоренения черной гнили винограда (*Guignardia bidwellii*), включающая обрезку побегов, удаление лисы, мульчирование, удаление нижних побегов и применение фунгицидов. Эксперименты выявили высокую эффективность обработки: на лозах, подвергшихся обработке, черная гниль не была обнаружена даже после двух сезонов, благоприятных для ее развития, тогда как на необработанных (контрольных) лозах инфекция присутствовала. И это подтверждает эффективность стратегии для быстрого восстановления урожайности и качества виноградников без пересадки. Стратегия также может быть применена для борьбы с другими болезнями многолетних культур. Дополнительно эффективность борьбы с черной гнилью подтверждена сжиганием зараженного материала [8, 28].

Зараженные черенки и мумифицированные ягоды также следует удалить или закопать в почву до того, как весной начнется новый рост. Если заражение становится повсеместным, то в

период вегетации в дальнейшем очень сложно защититься от гнили [29].

Необходимо четко контролировать предпосадочную подготовку участка, включающую внесение удобрений из расчета 40 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 50 кг K<sub>2</sub>O (действующее вещество) и 3 т навоза на гектар, боронование, дискование и выравнивание. Кусты высаживаются в ямки размером 60/60/70 см. По классификации Мак-Кинни (1923) слабочувствительны (класс 1) сорта Джун Блан и Наслада (0,1–25 %), среднечувствителен сорт Памид (25–50 %). Сорта Мискет Отонель и Мискет Ред занимают четвертое место по сравнению с другими и наименее чувствительны. Это обусловлено применением зеленой обрезки в сочетании с применением химических препаратов с доказанной эффективностью против черной гнили [30].

#### **Химические средства защиты растений.**

Увеличение фитосанитарных рисков на виноградных насаждениях требует пересмотра подходов к контролю плотности фитофагов и фитопатогенов в агроценозах. Препараты различных производителей химических средств защиты растений помогают оптимизировать зональные системы защиты [31].

Поскольку заболевание представляет собой совокупность патогенов, других микробов и насекомых-переносчиков, поражающих ягоды винограда, лучшее понимание экологии гнили (кластерной), в частности состава, структуры и функций микробных сообществ, вызывающих заболевание, имеет большое значение для разработки целевых фунгицидов и борьбы с ними. В настоящее время пестициды применяются в два этапа: в начале (от 1 до 4 недель после цветения) и конце сезона (от цветения до сбора урожая). При черной гнили обычно применяют азоксистробин, тебуконазол и трифлуксистробин [32, 33].

Даже лучшие санитарные меры не устраняют полностью возбудителя черной гнили на винограднике. И для эффективной борьбы с болезнью необходимы фунгициды и выбор правильного времени их применения. Опрыскивание должно быть направлено на уничтожение перезимовавшего возбудителя, чтобы предотвратить первичные инфекции в начале сезона. После первичного заражения споры распространяются в течение двух недель, вызывая вторичные инфекции.

Наиболее ответственный период для мероприятий по защите от черной гнили – это время перед цветением и две недели после него, поскольку именно тогда наблюдается пик спорообразования. Однако необходимость и сроки обработок могут меняться ежегодно в зависимости от уровня заболевания в прошлом году и погодных условий текущего сезона [34].

Меры борьбы с распространением заболевания ограничены и в основном включают профилактику, остановку распространения грибковых штаммов и удаление пораженных виноградных лоз. Онтогенная устойчивость проявляется до начала созревания, поэтому контроль должен сосредоточиться на периоде между предшествующим цветением и закрытием гроздей, что совпадает с временным промежутком контроля черной гнили [35, 36].

В фазе цветения против черной гнили на виноградниках применяют двухкомпонентный фунгицид «Квадрис Макс», ЕЭ, 2,25 л/га [37].

Согласно полевым испытаниям, трехкратная обработка винограда специализированными ботритицидами эффективно предотвращает черную гниль на созревающих гроздях («Луна Транквилити», «Свитч», «Хорус»), а также в фенологические фазы «конец цветения», «начало формирования грозди» и «начало созревания» (фунгицид «Скор» и биопрепарат «Биокомпозит-Про») [38].

В контексте современного сельского хозяйства использование пестицидов является доминирующим методом противодействия вредителям (как средство контроля) [39]. Однако некоторые пестициды стойки, трудно разлагаются и могут сохраняться в пищевых продуктах даже после промышленной переработки [40]. В некоторых исследованиях остатки пестицидов были обнаружены в виноградном соке и вине [41–44].

**Биологические средства защиты растений.** Биофунгициды составляют 45–60 % средств защиты евро-американских сортов винограда (включая столовые) и 10–30 % европейских. Биотехнологии снижают пестицидную нагрузку, повышают экологичность и экономическую выгоду за счет экономии на защите и улучшения качества винограда и вина [45].

Традиционные фунгициды становятся менее эффективными из-за повышения устойчивости грибов и экологических проблем. В противовес им используются микробные биологические агенты контроля: различные бактерии (*Bacillus*, *Pantoea*, *Pseudomonas*), дрожжи (*Saccharomyces*,

*Metschnikowia*) и нитчатые грибы (*Trichoderma*, *Fusarium*), составляющие многообещающую альтернативу за счет различных механизмов, таких как конкуренция, выработка ферментов и стимулирование роста растений [46].

Коммерческие индукторы устойчивости к болезням EP5-Protect (*Phenom Biotech*, Милан, Италия; EP) и BioDea Flavor (*BioDea*, Ареццо, Италия; WD), а также биоактивные экстракты из *Streptomyces albidoflavus* (CARA17), были сравнены с флудиксонилем для контроля *in vitro* и *in vivo* послеуборочной гнили винограда. EP5-Protect и флудиксонил эффективно подавляли рост патогенов, а BioDea Flavor и биоактивные экстракты показали умеренную эффективность. EP5-Protect и биоактивные экстракты могут быть перспективными средствами для борьбы с гнилью винограда, возможно, заменив фумигацию диоксидом серы [47].

Исследование показало высокую эффективность супернатантов (надосадочной жидкости) *Bacillus velezensis* Buz14 и *B. ginsengihumi* S38 против черной гнили и ложной мучнистой росы винограда. Они подавляли рост мицелия и снижали подвижность патогенов, стимулировали защитные реакции виноградной лозы. Супернатанты являются перспективными биоконтрольными агентами с многоспектральной активностью и двойным механизмом действия [48].

**Селекционно-генетические методы.** Ученые установили физиолого-биохимические показатели устойчивости винограда к стрессам. Разработали базу данных для подбора сортов по критериям пользователей, а также алгоритмы оценки генотипов и шкалу сортов-тестеров для ранжирования по устойчивости к обезвоживанию и температурам [49].

Биоценотический подход в исследованиях вредоносности грибных заболеваний предусматривает более глубокий и достоверный анализ изменений видового, внутривидового и внутривидового разнообразия болезней в садовых и виноградных агроценозах, в т. ч. у доминантных и основных видов фитопатогенов, которые могут служить оптимальными тест-объектами или биоиндикаторами для обнаружения всевозможных процессов антропогенной трансформации и биологического прогресса [50].

Создание и внедрение новых сортов, обладающих комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам, представляет собой важное направление селекции винограда в мире [49].

Существует молекулярно-биологический подход с ПЦР, который позволяет выявлять и подтверждать присутствие возбудителей эutipиоза, эски и черной пятнистости винограда. Изучение симптомов, морфометрии грибов и их ДНК установило их связь с комплексами, вызывающими ботриосферное отмирание, эску, эutipиоз и черную пятнистость. Нарастание поражения проводящей системы связано с погодными стрессами (температура, засуха, перепады температур), а также сортовым составом и возрастом насаждений [52].

Разработаны передовые методы оценки устойчивости к черной гнили, новый протокол размножения/инокуляции и выявлены новые доноры устойчивости. Эти доноры используются для создания супердоноров устойчивости к болезням [53].

Генетические аспекты черной гнили еще предстоит исследовать. Учеными была оценена сегрегирующая популяция, полученная от скрещивания *Merzling* × *Teroldego*, на устойчивость к черной гнили на уровне побегов и гроздей. Анализ подтвердил ранее идентифицированный локус устойчивости к *Guignardia bidwellii* на хромосоме 14 и выявил новый, объясняющий до 79,9 % дисперсии устойчивости [54].

В источниках была опубликована черновая последовательность генома *Phyllosticta ampellicida* (30,55 Мб, 10 691 ген), вызывающего черную гниль винограда, являющаяся первой сборкой генома *P. ampellicida*, важного ресурса для понимания патогенности и сравнительного геномного анализа [55].

В гибридном сорте винограда *Vaco blanc* содержится эвгенол (преобладает органическое вещество, относящееся к классу фенилпропанов – аромат эфирными маслами), индуцируемый в винограднике и коррелирующий с устойчивостью плодов к фитопатогену. Он ингибирует разрастание грибка, особенно при низких концентрациях. Содержание эвгенола достигает пика на стадии начала созревания, а его концентрация увеличивается при удалении листьев в зоне грозди [56].

Было проведено множество исследований в данной области, но в настоящее время биохимические и молекулярные исследования истинных взаимодействий между виноградной лозой и грибковым заболеванием *Guignardia bidwellii* по-прежнему полностью не установлены [57]. Исследуются как модели прогнозирования эпидемий черной гнили, так и возможности метаболо-

мики (анализ метаболических процессов в живых организмах при заболеваниях и генетических изменениях) для изучения взаимодействия черной гнили с виноградом и ускорения селекции растений [58, 59].

Черный технический сорт винограда Волтурнис устойчив к морозам (до  $-20$  °С), но чувствителен к оидиуму и черной гнили. Такой подход к подбору устойчивых к заболеванию сортов является перспективным способом снижения негативного воздействия на окружающую среду и повышения безопасности в виноградарстве [60].

В Новочеркасске были изучены адаптивные особенности и перспективы выращивания бессемянного сорта винограда Faith, демонстрирующего высокую зимостойкость и устойчивость к грибным болезням, с крупной ягодой и высокой урожайностью, но требующего дополнительного полива в засушливых условиях [61].

Особенно подвержены повреждению гнилью гроздей *Botrytis*, кислой и черной гнилью сорта вроде Pinot gris и Pinot noir [62].

При анализе поражения черной гнилью винограда в с. Гылыбец была выявлена различная чувствительность сортов: Июнь Блан и Наслада – низкая (0,1–25 % поражения), Памид – средняя (25–50 % поражения). Мискет Оттонель и Мискет красный показали наименьшую чувствительность. Низкая восприимчивость сортов Мискет Оттонель и Мискет красный обусловлена сочетанием агротехнических приемов (зеленая обрезка) и применением эффективных фунгицидов против черной гнили [63].

Большинство сортов винограда, используемых для производства вина, столового винограда и сухофруктов, происходят от евразийского вида винограда *Vitis vinifera* из-за его превосходных ароматических и вкусовых характеристик. Однако этот вид не имеет или имеет слабую генетическую устойчивость к основным вредителям и патогенам, которые поражают надземные части винограда, включая штамб, крону и грозди [64].

Исследование выявило, что 9 сортов винограда *Vitis vinifera* и гибридов были заражены *Guignardia bidwellii*. Американские гибриды показали более высокую заболеваемость, чем французские, а *V. rotundifolia* – более низкую [65].

Изучение R-генов, или генов устойчивости, из диких устойчивых сортов винограда, а также редактирование генов S в восприимчивом винограде важно для повышения устойчивости восприимчи-

вых сортов к болезням. Однако одним из важных вопросов при трансгенезе является повышение эффективности генетической трансформации и редактирования генов винограда [66].

Проводилось исследование, охватившее более 20 популяций и выявившее несколько механизмов распределения R-локусов. Оно позволило обнаружить как межпопуляционные, так и внутривидовые эффекты. Межпопуляционные эффекты демонстрируют, как разные генетические предпосылки влияют на один и тот же активный R-локус. Внутривидовые эффекты, в свою очередь, показывают, как различные R-локусы взаимодействуют в пределах одной популяции. Эти открытия привели к внедрению с 2019 г. прямого процесса MAS (селекции, основанной на маркерах) для потомства родительских линий с установленным поведенческим профилем в программе селекции, исключив необходимость фенотипического скрининга [67].

Были проанализированы два локуса устойчивости *Rgb1* и *Rgb2* из межвидового подвоя сорта Bönner. И удалось доказать, что оба локуса происходят от дикого вида *V. riparia*. В сочетании два локуса показали аддитивное увеличение количественной устойчивости. Это наблюдение имеет большую ценность для селекционных целей и показывает, что пирамидирование локусов *Rgb* приводит к повышению общей устойчивости к черной гнили [68].

Таким образом, устойчивость или восприимчивость *V. vinifera* к черной гнили зависит от характеристик как растения, так и соответствующего грибного заболевания. Достижения в области метаболомики предлагают многообещающие подходы к расшифровке многогранных физиологических и биохимических процессов, лежащих в основе взаимодействия совместимых или несовместимых патогенов с растениями, а также могут способствовать открытию соединений с потенциальным практическим применением (например биогербицидов, биофунгицидов и лекарственных препаратов). Кроме того, с открытием биомаркеров вторичных метаболитов, связанных с устойчивостью к черной гнили, селекция с помощью метаболомики может обеспечить эффективное и быстрое фенотипирование саженцев винограда с наследственной устойчивостью сразу после прорастания, что значительно снизит затраты и значительно со-

кратит сроки селекции винограда на устойчивость к черной гнили (69–71).

**Технологии применения БПЛА, искусственного интеллекта, новейших технологий при обнаружении заболеваний.** Фермерам крайне важно вовремя обнаруживать болезни растений, но полагаться при этом на визуальный осмотр, выполняемый людьми, часто бывает сложно и ресурсозатратно.

Болезни виноградной лозы выявляют по видимым симптомам на листьях (обесцвечивание, некроз). Однако схожесть симптомов требует полевого подтверждения. Современное оборудование повышает ценность виноградарства, но пока не получило широкого распространения. Для улучшения диагностики необходимы исследования по интеграции данных датчиков с искусственным интеллектом (дистанционное зондирование, робототехника, сельхозтехника). Также важна агрегация данных и создание систем управления заболеваниями в реальном времени [72].

Раннее выявление заболеваний может помочь сократить эти потери, особенно в производстве винограда. В последние годы активно применяются методы глубокого обучения для автоматического обнаружения заболеваний [73].

Беспилотные летательные аппараты на малых высотах полета в сочетании с методологиями ИИ (искусственного интеллекта) могут облегчить получение точных данных о заболеваемости виноградной лозы [74].

Алгоритм сбора информации подходит для создания интеллектуальных виноградников на основе больших данных, преодолевая технологические ограничения. Интеграция в мобильные приложения позволит также фермерам диагностировать болезни растений. Для развития сельского хозяйства в развивающихся странах необходимы исследования и экономичные решения [75].

Учеными предложен эффективный метод идентификации болезней листьев для изображений сельскохозяйственных культур. Они использовали яркость и линейные характеристики изображения для обнаружения «скелета» листьев [76].

Кроме того, представлен новый автоматизированный компьютерный алгоритм для дифференциации симптомов заболеваний растений от здоровых тканей листьев. Алгоритм использует гистограммы цветовых каналов *H* (*HSV*) и а

(Lab\*), с ручным выбором лучшего канала на последнем этапе. Проведен анализ проблем дифференциации, включая разграничение поражений и влияние освещенности. Алгоритм успешно протестирован на 19 видах растений и 82 заболеваниях в различных условиях, демонстрируя свою полезность [77].

В настоящее время разработанная United-Model для идентификации здоровых и больных (черная гниль, эска, пятнистость изариопсиса) листьев винограда демонстрирует высокую эффективность. Благодаря объединению нескольких сверточных нейронных сетей модель обладает улучшенными возможностями распознавания. Тестирование на наборе данных PlantVillage показало, что UnitedModel превосходит другие современные методы, достигая впечатляющих показателей точности: 99,17 % при проверке и 98,57 % при тестировании. Это делает ее перспективным и полезным инструментом для фермеров, занимающихся выращиванием винограда [78].

Предложен улучшенный метод обнаружения болезней винограда на листьях: для точного выявления болезней винограда на листьях, особенно мелких пятен – новый алгоритм на основе глубокого обучения. Он включает улучшение изображений: исходные изображения повышаются в разрешении с помощью билинейной интерполяции для детализации. Также результативно использование предобученных весов: для ускорения обучения применяются официальные веса распознавания объектов YOLOv3. Так, при наборе данных *Plant Village (test\_pv)* точность обнаружения черной гнили достигла 95,79 %, полнота – 94,52 %, что значительно превосходит базовую YOLOv3. В полевых условиях (*test\_orchard*) метод показал точность 86,69 % и полноту 82,27 %, с улучшением до 94,05 и 93,26 % на изображениях с простым фоном. Вывод: предложенный метод эффективно решает проблему обнаружения мелких объектов и повышает точность выявления черной гнили на листьях винограда [79].

Точное земледелие – новое направление в сельском хозяйстве, призванное решить проблему растущего спроса на продовольствие при стагнирующем производстве. Предлагается платформа мониторинга для точного земледелия, использующая технологии 5G и БПЛА для повышения качества и производительности. Платформа будет оснащена датчиками WSN

(Wireless Sensor Network – беспроводная сенсорная сеть), подключаемыми к облаку через 6LoWPAN. Анализ данных и изображений с WSN и БПЛА с помощью алгоритмов классификации (SVM) позволит выявлять риски заболеваний [80].

Дроны оптимизируют использование ресурсов, таких как пестициды, удобрения и вода, обеспечивая точечное их использование. Они позволяют фермерам заблаговременно выявлять и бороться с вредителями, болезнями и дефицитом питательных веществ. Применение дронов также снижает трудоемкость производства, оптимизируя процессы мониторинга и опрыскивания, позволяя принимать обоснованные решения на основе полученных данных. Безопасность является первостепенным фактором для сельскохозяйственных работников и окружающей среды, дроны сокращают необходимость ручного вмешательства и минимизируют воздействие химикатов [81].

Обычный метод оценки степени заболевания винограда заключается в классификации пятен заболевания в соответствии с областью. Разработана улучшенная сеть глубокого обучения DeepLab v3+ на базе ResNet101 с модулем внимания канала и ветвью слияния признаков для точной сегментации пятен черной гнили листьев винограда. Показатели mIOU (объединение), Recall и F1-score улучшились на 3–7 % в сравнении с оригинальной DeepLab v3+, демонстрируя превосходную производительность сегментации, и могут быть использованы для оценки степени зараженности винограда [82].

Аналогично разработана интеллектуальная система мониторинга машинного зрения для автоматического осмотра и обнаружения заболеваний растений с помощью цифровой обработки изображений, которая может помочь фермерам. Новый алгоритм обработки изображений и многоклассовая машина опорных векторов (SVM) для диагностики заболеваний листьев винограда (черная гниль, фитофтороз) показал точность 98,71 %, превзойдя аналоги (CNN и GoogleNet) по точности и скорости [83]. Симптомы выделялись кластеризацией k-средних (признаки извлекались в цветовых моделях [84] для идентификации и классификации болезней), превосходящей ручной мониторинг [85].

**Влияние черной гнили на урожайность и качество винограда.** Виноград крайне уязвим для патогенов и вредителей, что, в свою оче-

редь, приводит к значительному снижению урожайности и качества продукции [86, 87].

Было установлено, что черная гниль, поражающая виноград, не приводит к существенным изменениям в его химических характеристиках (химическом составе). Эти изменения не влияют на питательную ценность ягод и не приводят к образованию значимых количеств нежелательных соединений, таких как гистамин. Хотя в пораженных ягодах обнаруживаются мелатонин, тирамин и серотонин, их концентрация остается низкой. Таким образом, химический состав вина, в частности содержание полифенолов, биогенных аминов и ресвератрола, не претерпит существенных изменений. Стоит отметить, что *Botrytis cinerea* производит меньше гистамина, чем черная гниль. Кроме того, стандартные методы обработки вина, например бентонитовая мацерация или фильтрация, эффективно снижают уровень гистамина, исключая риск его накопления в конечном продукте [88].

Однако фитопатоген *G. bidwellii* способен изменять метаболические пути и производить соединения с неприятными привкусами и/или ароматами в ягодах винограда. Черная гниль винограда не оказывает особого влияния на концентрацию биогенных аминов и ресвератрола, но снижает содержание катехина. Гриб не синтезирует фермент  $\beta$ -глюкозидазу, но производит глицерин и глутамат натрия подобно *Botrytis cinerea*. Содержание ресвератрола не изменяется. Черная гниль не представляет угрозы для здоровья при попадании в виноматериал [89].

Фенольные соединения винограда и вина, включая катехины, фенольные кислоты и антоцианы, могут предотвращать окисление и атеросклероз. Красные вина обладают высокой антиоксидантной активностью, сопоставимой с обогащенными фенолами белыми винами. Антиоксидантная активность красных вин снижается с годами урожая, а сладкие белые вина активнее сухих. Население Франции потребляет катехины в количестве от 4,36 до 66,94 мг/день, особенно красные вина (особенно Пино Нуар,

Сира, Каберне Совиньон, Мерло) и обогащенные фенолами белые вина (Шардоне) [90].

Фенольные соединения отвечают за горький вкус, ощущение сжатия во рту и потемнение вин. Флавоноиды обладают восстанавливающими и антиоксидантными свойствами и часто полимеризуются [91].

Исследование показало, что ультрафиолетовое излучение спектра С (УФ-С-облучение) ( $2,4 \text{ кДж м}^{-2}$ ) стимулирует выработку защитных веществ и активность ферментов в ягодах винограда, повышая активность ферментов, отвечающих за защищенность от болезней и гниения. Ресвератрол играет важную роль в защите от грибка. Понимание молекулярных механизмов защиты винограда, выявленное в исследовании, открывает новые возможности для улучшения технологий его хранения [92].

**Заключение.** Причины возникновения черной гнили (*Guignardia bidwellii*) винограда являются многофакторными и часто взаимосвязанными. Высокая влажность, температура, механические повреждения, нарушение агротехнических условий, наличие других (сопутствующих) заболеваний и вредителей, климатические условия и неправильное (иррациональное) использование химических средств защиты растений – все эти факторы могут способствовать возникновению этой разрушительной болезни. Для эффективного управления черной гнилью необходимо учитывать все эти аспекты и применять комплексный подход, включающий агрономические, селекционные, химические и биологические методы защиты. Важно помнить, что профилактика является ключевым моментом в борьбе с черной гнилью, и своевременные меры могут значительно снизить риск возникновения этого заболевания и минимизировать его последствия для виноградников.

**Благодарность:** авторы выражают признательность коллегам за помощь и поддержку в исследовании.

#### Список источников

1. Wilcox W.F. Black rot. Disease Identification Sheet № 102GFSG-D4. 2003. Доступно по: <https://ecommons.cornell.edu/server/api/core/bitstreams/5e5a5fca-f81b-45a4-a26e-487718e46997/content>. Ссылка активна на 01.08.2025.
2. Lippa M.N., Tarolli P., Straffelini E. Climate change impacts and the reshaping of Canadian viticulture. // iScience. 2025. N 28 (3). P. 111941. DOI: 10.1016/j.isci.2025.111941.

3. Алейникова Н.В., Галкина Е.С., Радионовская Я.Э. Болезни и вредители виноградной лозы. Ялта, 2018. EDN: YLCMRV.
4. Корсакова С.П., Корсаков П.Б. Динамика временных границ климатических сезонов на Южном берегу Крыма в условиях изменения климата. Бюллетень ГНБС. 2018. № 127. С. 107–115. DOI: 10.25684/NBG.boolt.127.2018.15. EDN: XQRGIX.
5. Heidinger R.M. Climate change associated effects on grape and wine quality and production // Food Research International. 2010. Vol. 43, N 7. P. 1844–1855. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.05.001.
6. Hsieh T.F., Shen Y.M., Huang, J.H., et al. Insights into Grape Ripe Rot: A Focus on the *Colletotrichum gloeosporioides* Species. Complex and Its Management Strategies // Plants. 2023. Vol. 12, N 15. P. 2873. DOI: 10.3390/plants12152873. EDN: JERZVQ.
7. Борисенко М.Н., Алейникова Н.В., Галкина Е.С., и др. Фитосанитарное состояние виноградных насаждений Крыма // Защита и карантин растений. 2015. № 6. С. 21–26. EDN: TVUPFT.
8. Sosnowski M.R., Emmett R.W., Wilcox W.F., et al. Eradication of black rot (*Guignardia bidwellii*) from grapevines by drastic pruning // Plant Pathology. 2012. Vol. 61, N 6. P. 1093–1102. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2012.02595.x.
9. Агапова С.И., Толокова Л.П., Бурдинская В.Ф. Болезни и вредители на виноградниках Ростовской области в 1984–2000 годах // Виноград и вино России. 2001. № 3. С. 28–29. EDN: RDPGML.
10. Molitor D., Berkelmann-Loehnertz B. Simulating the susceptibility of clusters to grape black rot infections depending on their phenological development // Crop Protection. 2011. Vol. 30, N 12. P. 1649–1654. DOI: 10.1016/j.cropro.2011.07.020.
11. Neugebauer K.A., Gillett J.M., Klaassen V., et al. Occurrence of Grapevine Viruses in Different Cultivars and Regions Within Michigan // Subscribe. 2025. Vol. 26, N 2. P. 155–160. DOI: 10.1094/PHP-06-24-0061-RS.
12. Мурзина М.И. Оидиум винограда // Вестник КрасГАУ. 2025. № 7 (220). С. 16–34. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-7-16-34.
13. Алейникова Н.В., Галкина Е.С., Андреев В.В., и др. Этиология и контроль гнилей ягод винограда сорта Мускат белый в условиях Южного берега Крыма // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 54 (6). С. 110–123. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-6-54-110-123. EDN: YSWPQL.
14. Галкина Е.С., Алейникова Н.В., Андреев В.В., и др. Контроль черной гнили с учетом этиологии и эпидемиологии на виноградниках Крыма. Магарач. Виноградарство и виноделие. 2020. Т. 22, № 3 (113). С. 246–251. DOI: 10.35547/IM.2020.22.3.013. EDN: FOZZAP.
15. Gauthier N., Kaiser C., Hildabrand K. Black Rot of Grapes. University of Kentucky. January 2024. Доступно по: <https://weather.uky.edu/disease/PPFS-FR-S-16.pdf>. Ссылка активна на 01.08.2025.
16. Weber P., Werner A., Rex F., et al. Identification of *Vitis riparia* as Donor of Black Rot Resistance in the Mapping Population V3125 x 'Börner' and Additive Effect of Rgb1 and Rgb2 // Agronomy. 2025. N 15, P. 1484. DOI: 10.3390/agronomy15061484.
17. Виноградарство и виноделие: информ. Издание. М.: Росинформагротех, 2022. 160 с.
18. Волков Я.А. Гнили ягод винограда на юге Украины и совершенствование мероприятий по ограничению их развития: Дисс. ... канд. с. х. наук. Нац. ин-т виноградарства и вина "Магарач". Ялта, 2012, 196 с.
19. Борисенко М.Н., Алейникова Н.В., Галкина Е.С., и др. Фитосанитарное состояние виноградных насаждений Крыма // Защита и карантин растений. 2015. № 6. С. 21–26. EDN: TVUPFT.
20. Schoch C.L., Shoemaker R.A., Seifert K.A., et al. A multigene phylogeny of the dothideomycetes using four nuclear loci // Mycologia. 2006, N 98, P. 1041–1052. DOI: 10.1080/15572536.2006.11832632.
21. Jermin M., Gessler C. Epidemiology and Control of Grape Black Rot in Southern Switzerland // Plant Disease. 1996. N 80 (3). P. 322–325. DOI: 10.1094/PD-80-0322.

22. Иванов В.Н., Ахромеева Н.А., Ли Б.С., и др. Основные заболевания виноградного растения и меры борьбы с ними // *Colloquium-Journal*. 2021. № 4-1 (91). С. 36–38. EDN: NUPJTA.
23. Tomoioga L., Comsa M. The Strategy of Optimization for Combat the Black Rot of Vine (*Guignardia bidwellii*), in the Ecoclimatic Conditions from Vineyard Târnavă. In: Simpozion USAMVA, Cluj-Napoca, 2010. *Bulletin UASVM, Horticulture*. 2010. N 67 (1).
24. Трошин Л.П., Чулков В.В. Разработки, формирующие современный облик виноградарства. Краснодар: СЗНИИСиВ, 2011. 281 с.
25. Алейникова Н.В., Борисенко М.Н., Галкина Е.С., и др. Современные тенденции развития вредных организмов в ампелоценозах Крыма // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2016. № 42 (6). С. 119–134. EDN: WYJWEX.
26. Сироткина Н.А. Влияние формы куста на урожайность и качество винограда сортов Кунлеань и Первенец Магарача // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2021. № 65. С. 60–66.
27. Бурдинская В.Ф. Болезни и вредители винограда и меры борьбы с ними. Новочеркасск: ВНИИ-ВиВ им. Я.И. Потапенко, 2009. 72 с. EDN: STDVLR.
28. Ebbels D.L., *Principles of Plant Health and Quarantine*. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2003. Доступно по: [https://cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9780851996806.0000?src=getftr&utm\\_source=wiley&getft\\_integrator=wiley](https://cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9780851996806.0000?src=getftr&utm_source=wiley&getft_integrator=wiley). Ссылка активна на 01.08.2025.
29. Hed B. Black Rot on Grapes in Home Gardens. Updated: July 5, 2023. Доступно по: <https://extension.psu.edu/black-rot-on-grapes-in-home-gardens>. Ссылка активна на 01.08.2025.
30. Vasilev D, Tahir T. Black rot of grapes *Guignardia bidwellii* Ellis Viala amp Ravaz in the area of the city of Burgas under the conditions of integrated plant protection // *ASN*. 2024. Vol. 11, N 3. P. 42–54.
31. Мисриева Б.У., Мисриев А.М. Биологическая эффективность фунгицидов Талендо, КЭ (200г/л), Танос, ВДГ (250+250 г/кг) и Курзат Р, СП (689,5+42 г/кг) на виноградниках в Южном Дагестане // *Вестник СПИ*. 2014. № 4 (12). С. 31–40. EDN: WKNXOR.
32. Todaro T., Miles T.D. Early season vineyard disease management. In: MSU Extension. Grape. Доступно по: [https://canr.msu.edu/news/early\\_season\\_vineyard\\_disease\\_management](https://canr.msu.edu/news/early_season_vineyard_disease_management). Ссылка активна на 01.08.2025.
33. Crandall S.G., Szychalla J., Crouch U.T. Rotting Grapes Don't Improve with Age: Cluster Rot Disease Complexes, Management, and Future Prospects // *Online APS Publications*. 2022. Vol. 106, N 8. DOI: 10.1094/PDIS-04-21-0695-FE.
34. Weigle T. Grapes 101: Managing Black Rot. College of Agriculture and Life Sciences. Доступно по: <https://cals.cornell.edu/news/2014/03/grapes-101-managing-black-rot>. Ссылка активна на 19.08.2025.
35. Muntean M.D., Drăgulinescu A.M., Tomoiagă L.L., et al. Fungal Grapevine Trunk Diseases in Romanian Vineyards in the Context of the International Situation // *Pathogens*. 2022. N 11. P. 1006. DOI: 10.3390/pathogens11091006. EDN: BPUDCS.
36. Molitor D., Berkelmann-Loehnertz B. Simulating the susceptibility of clusters to grape black rot infections depending on their phenological development // *Crop Protection*. 2011. Vol. 30, N 12. P. 1649–1654. DOI: 10.1016/j.cropro.2011.07.020.
37. Лоладзе З.П., Парцвания М.Ш. Защита виноградников Восточной Грузии // *Защита и карантин растений*. 2013. № 1. С. 41. EDN: PUZZIV.
38. Галкина Е.С., Алейникова Н.В., Андреев В.В., и др. Применение фунгицидов и биопрепаратов для эффективного контроля плесневидных гнилей ягод винограда. Магарач // *Виноградарство и виноделие*. 2022. Т. 24, № 1(119). С. 41–47. DOI: 10.35547/IM.2022.53.37.007. EDN: CZFFWU.
39. Narendran S.T., Babu B., Meyyanathan S.N. Review of pesticide residue analysis in fruits and vegetables. Pre-treatment, extraction and detection techniques // *Food Research International*. 2020. № 133 (1). P. 109141. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109141. EDN: ZZPWKF.
40. Mir S., Dar B.N., Mir M.M. Current strategies for the reduction of pesticide residues in food products // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. № 106 (2). DOI: 10.1016/j.jfca.2021.104274.

41. Keklik M., Odabas E., Golge O., и др. Quantification and risk assessment of pesticide residues in Sultani seedless grapes: Implications for consumer safety // Food and Chemical Toxicology. 2025. Vol. 204. P. 115655. DOI: 10.1016/j.fct.2025.115655.
42. Cermeño S., Veiga-del-Baño J.M., Cámara M.Á., et al. Processing Factors and Risk Assessment of Pesticide Residues in Wine // Fermentation 2025. Vol. 11. At. 318. DOI: 10.3390/fermentation11060318.
43. Mafessoni Liviz C.A., Maciel G.M., Pinheiro D.F., et al. Pesticide residues in grapes and wine: An overview on detection, health risks, and regulatory challenges // Food Research International. 2025. Vol. 203. P. 115771. DOI: 10.1016/j.foodres.2025.115771.
44. Song B., Zhou Y., Zhan R., et al. Effects of Different Pesticides on the Brewing of Wine Investigated by GC-MS-Based Metabolomics // Metabolites. 2022. Vol. 27, N 12 (6). P. 485. DOI: 10.3390/metabo12060485. EDN: MXIJFE.
45. Юрченко Е.Г. Фитосанитарное состояние виноградников: проблемы и решения. Защита и карантин растений. 2021. № 10. С. 3–9. DOI: 10.47528/1026-8634\_2021\_10\_3. EDN: ANFEID.
46. Díez-Méndez A., García-Izquierdo I., Poveda J. Microbial biological control of Botrytis bunch rot (*Botrytis cinerea*) of grapevine (*Vitis vinifera*) crops: A meta-analysis // Crop Protection. 2025. Vol. 190. P. 107085. DOI: 10.1016/j.cropro.2024.107085.
47. Carlucci A., Raimondo M.L., Ricciardi G., Assessment of different control means to protect grape berries from biotic injuries in postharvest // Postharvest Biology and Technology. 2024. Vol. 213. P. 112912.
48. Raveau R., Ilbert C., Héloir M.C., et al. Broad-Spectrum Efficacy and Modes of Action of Two Bacillus Strains against Grapevine Black Rot and Downy Mildew // J. Fungi. 2024. N 10. P. 471. DOI: 10.3390/jof10070471. EDN: MRUDHF.
49. Ильина И.А., Петров В.С., Попова Д.В., и др. Разработка электронной базы данных для оценки экологического потенциала сортов винограда и применения в селекции // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 69 (3). С. 1–19. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-3-69-1-19. EDN: PLNMWR.
50. Юрченко Е.Г., Якуба Г.В., Мищенко И.Г., и др. Изучение микопатосистем многолетних агроценозов на основе биоценологического методологического подхода // Научные труды СКФНЦСВВ. 2018. № 15. С. 79–84. DOI: 10.30679/2587-9847-2018-15-79-84. EDN: UPFQAS.
51. Wang Z., Xue T., Gao F., et al. Intraspecific recurrent selection in *V. vinifera*: an effective method for breeding of high quality, disease-, cold-, and drought-resistant grapes // Euphytica. 2021. P. 217–111. DOI: 10.1007/s10681-021-02851-7. EDN: HONYVY.
52. Галкина Е.С., Алейникова Н.В., Радионовская Я.Э., и др. Оригинальное исследование Болезни древесины винограда в Крыму. Магарач // Виноградарство и виноделие. 2023. Т. 25, № 2 (124). С. 193–200. DOI: 10.34919/IM.2023.25.2.013. EDN: LSFCFW.
53. Bettinelli P., Nicolini D., Giovannini O., et al. Breeding for black rot resistance in grapevine: advanced approaches for germplasm screening // Euphytica. 2023. Vol. 219. Art. 113. DOI: 10.1007/s10681-023-03235-9.
54. Bettinelli P., Nicolini D., Costantini L., et al. Towards Marker-Assisted Breeding for Black Rot Bunch Resistance: Identification of a Major QTL in the Grapevine Cultivar 'Merzling' // Int. J. Mol. Sci. 2023. N 24. P. 3568. DOI: 10.3390/ijms24043568. EDN: HWCDJY.
55. Eichmeier A., Diaz-Losada E., Hakalova E., et al. Draft genome sequence of *Phyllosticta ampellicida*, the cause of grapevine black rot // Phytopathologia mediterranea. 2022. Vol. 61, N 2. DOI: 10.36253/phyto-13516.
56. Hastoy X., Franc C., Riquier L., et al. Fungitoxic role of endogenous eugenol in the hybrid grapevine cultivar Baco blanc resistant to *Botrytis cinerea* // OENO One. 2023. Vol. 57, N 2. DOI: 10.20870/oenone.2023.57.2.7454.

57. Szabó M., Csikász-Krizsics A., Dula T., et al. Black Rot of Grapes (*Guignardia bidwellii*) – A Comprehensive Overview // Horticulturae. 2023. N 9. P. 130. DOI: 10.3390/horticulturae9020130. EDN: MWFYHN.
58. Peyraud R., Dubiella U., Barbacci A., et al. Advances on Plant-Pathogen Interactions from Molecular toward Systems Biology Perspectives // Plant J. Cell Mol. Biol. 2017. N 9. P. 720–737. DOI: 10.1111/tbj.13429. EDN: YEUSLX.
59. Chen F., Ma R., Chen X.L. Advances of Metabolomics in Fungal Pathogen-Plant Interactions // Metabolites. 2019. N 9. P. 169. DOI: 10.3390/metabo9080169.
60. Хафизова А.А. Новые устойчивые сорта винограда Пино Искра, Керсус, Пино Корс, Волтурнис. Магарач // Виноградарство и виноделие. 2022. Т. 24, № 1 (119). С. 19–25. DOI: 10.35547/IM.2022.53.62.003. EDN: GLMDMK.
61. Красохина С.И. Адаптивные особенности и перспективы выращивания сорта винограда Faith в условиях Ростовской области // Русский виноград. 2024. Т. 30. С. 24–32. DOI: 10.32904/2712-8245-2024-30-24-32. EDN: ЕЕРВЕР.
62. Crandall S.G., Sychalla J., Crouch U.T., et al. Rotting Grapes Don't Improve with Age: Cluster Rot Disease Complexes, Management, and Future Prospects // The American Phytopathological Society. Published Online. 2022. Vol. 106, N 8. DOI: 10.1094/PDIS-04-21-0695-FE.
63. Vasilev D., Turhan T. Black rot of grapes (*Guignardia bidwellii* (Ellis) Viala & Ravaz) in the area of the city of Burgas under the conditions of integrated plant protection // Acta Scientifica Naturalis. 2024. Vol. 11, is. 3. P. 42–54. DOI: 10.2478/asn-2024-0017. EDN: WPXVRD.
64. Dry I., Riaz S., Fuchs M., et al. Scion Breeding for Resistance to Biotic Stresses // Compendium of Plant Genomes. 2019. P 319–347. DOI: 10.1007/978-3-030-18601-2\_15.
65. Jabco J.P., Nesbitt W.B., Werner, D.J. Resistance of various classes of grape to the bunch and muscadine grape forms of black rot // Journal of the American Society for Horticultural Science. 1985. Vol. 110, N 6. P. 762–765. DOI: 10.21273/JASHS.110.6.762.
66. Li Zh., Wu R., Guo F., et al. Advances in the molecular mechanism of grapevine resistance to fungal diseases // Molecular Horticulture. 2025. Vol. 5, N 1. Art. 1. DOI: 10.1186/s43897-024-00119-x.
67. Bettinelli P., Camponogara Tomazetti T., Zulini L., et al. Forward marker-assisted selection for mildew resistance in grapevine: an optimized applied process. In: 21st general congress Eucarpia. Rotterdam, the Netherlands, 2021. Доступно по: <https://hdl.handle.net/11572/377380>. Ссылка активна на 01.08.2025.
68. Weber P., Werner A., Rex F., et al. Identification of *Vitis riparia* as Donor of Black Rot Resistance in the Mapping Population V3125 x 'Börner' and Additive Effect of Rgb1 and Rgb2 // Agronomy. 2025. N 15. P. 1484. DOI: 10.3390/agronomy15061484.
69. Razzaq A., Sadia B., Raza A., et al. Metabolomics: A Way Forward for Crop Improvement // Metabolites. 2019. N 9. P. 303. DOI: 10.3390/metabo9120303. EDN: TAWPVG.
70. Maia M., Ferreira A.E.N., Nascimento R., et al. Integrating Metabolomics and Targeted Gene Expression to Uncover Potential Biomarkers of Fungal. Oomycetes-Associated Disease Susceptibility in Grapevine // Sci. Rep. 2020. N 10. P. 15688. DOI: 10.1038/s41598-020-72781-2. EDN: AVSDWB.
71. Sakurai N. Recent Applications of Metabolomics in Plant Breeding // Breed. Sci. 2022. N 72. P. 56–65. DOI: 10.1270/jsbbs.21065. EDN: TRFMUA.
72. Portela F., Sousa J.J., Araújo-Paredes C., et al. A Systematic Review on the Advancements in Remote Sensing and Proximity Tools for Grapevine Disease Detection // Sensors (Basel). 2024. N 24. P. 8172. DOI: 10.3390/s24248172. EDN: UHQTKD.
73. Pandey K., An A.C. Exploration of Deep Learning Techniques for the Detection of Grape Diseases. Recent Advances in Computer Science and Communications. 2024. Vol. 17, is. 2. P. 1–12. DOI: 10.2174/2666255816666230622125353.
74. Sousa J.J., Toscano P., Matese A., et al. UAV-Based Hyperspectral Monitoring Using Push-Broom and Snapshot Sensors: A Multisite Assessment for Precision Viticulture Applications // Sensors. 2022. N 22. P. 6574. DOI: 10.3390/s22176574.

75. Jigna P. Big Data analytics for Advanced Viticulture. *Scalable Computing: Practice and Experience*. 2021. Vol. 22, is. 3. P. 302–312. DOI: 10.12694/SCPE.V22I3.1856.
76. Krithika N., Selvarani A.G. An individual grape leaf disease identification using leaf skeletons and KNN classification. In: International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), Coimbatore. India, 2017. P. 1–5. DOI: 10.1109/ICIIECS.2017.8275951.
77. Barbedo J. A novel algorithm for semi-automatic segmentation of plant leaf disease symptoms using digital image processing // *Tropical Plant Pathology*. 2016. N 41. P. 210–224. DOI: 10.1007/s40858-016-0090-8.
78. Ji M., Zhang L., Wu Q., Automatic grape leaf diseases identification via UnitedModel based on multiple convolutional neural networks // *Information Processing in Agriculture*. 2020. Vol. 7, is. 3. P. 418–426. DOI: 10.1016/j.inpa.2019.10.003 EDN: AFSPPN.
79. Zhu J., Cheng M., Wang Q., et al. Grape Leaf Black Rot Detection Based on Super-Resolution Image Enhancement and Deep Learning // *Front. Plant Sci. Sec. Technical Advances in Plant Science*. 2021. Vol. 12. DOI: 10.3389/fpls.2021.695749.
80. Bălăceanu C.-M., Streche R.-A., Roșcăneanu R., et al. Advanced precision farming techniques employing WSN and UAV. In: *Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics, and Nanotechnologies XI*. 2023. Vol. 12493. DOI: 10.1117/12.2643125.
81. Khadangale T., Bhoiyate D., Kotwal V., et al. Drones for Vineyard Health: Detection and Targeted Pest Control // *IJIRMP*. 2024. Vol. 12, is. 3.
82. Yuan H., Zhu J., Wang Q., et al. An Improved DeepLab v3+ Deep Learning Network Applied to the Segmentation of Grape Leaf Black Rot Spots // *Front. Plant Sci*. 2022. N 13. P. 795410. DOI: 10.3389/fpls.2022.795410. EDN: NIRXGP.
83. Javidan S.M., Banakar A., Vakilian K.A., et al. Diagnosis of grape leaf diseases using automatic K-means clustering and machine learning // *Smart Agricultural Technology*. 2023. Vol. 3. P. 100081. DOI: 10.1016/j.atech.2022.100081.
84. Raut S, Fulsunge A. Plant disease detection in image processing using MATLAB // *International journal of innovative Research in science, Engineering and Technology*. 2017. Vol. 6. DOI: 10.15680/IJRSET.2017.0606034
85. Kirti K., Rajpal N. Black Rot Disease Detection in Grape Plant (*Vitis vinifera*) Using Colour Based Segmentation & Machine Learning. In: *2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN)*. Greater Noida. India, 2020. P. 976–979. DOI: 10.1109/ICACCCN51052.2020.9362812.
86. Han X., Wei Y., Yuan L., et al. Characterization of flavor profiles of wines produced with *Coniella vitis*-infected grapes by GC-MS, HPLC, and sensory analysis // *Food Chemistry*. 2025. Vol. 471. P. 142820. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.142820.
87. Yan H.K., Zhang C.C., Nai G.J., et al. Microbial Inoculant GB03 Increased the Yield and Quality of Grape Fruit Under Salt-Alkali Stress by Changing Rhizosphere Microbial Communities // *Foods*. 2025. N 20. P. 7011. DOI: 10.3390/foods14050711. EDN: PJEQDO.
88. Colombi U., Sanarica L., Pargoletti E., et al. Wine putrescine abatement by bentonites: From ideal case to practice // *Food Chemistry*. 2023. Vol. 417. P. 135876. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.135876. EDN: MSWAKN.
89. Kellner N., Antal E., Szabó A., et al. The Effect of Black Rot on Grape Berry Composition // *Acta Alimentaria*. 2022. N 51. P. 126–133. DOI: 10.1556/066.2021.00195. EDN: YEPPDI.
90. Landraut N., Poucheret P., Ravel P., et al. Antioxidant capacities and phenolic levels of French wines from different varieties and vintages // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001. N 49. P. 3341–3348. DOI: 10.1021/jf010128f.
91. Nagy B., Soós J., Horváth B., et al. The effect of fine lees as a reducing agent in sur lie wines, aged with various sulphur dioxide concentrations // *Acta Alimentaria*. 2017. N 46. P. 109–115. DOI: 10.1556/066.2017.46.1.14.

92. Kong Q, Zhang H, Gao Q., et al. Ultraviolet C irradiation enhances the resistance of grape against postharvest black rot (*Aspergillus carbonarius*) by regulating the synthesis of phenolic compounds // Food Chemistry. 2024. Vol. 460, Part 2. P. 140509. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.140509.

### References

1. Wilcox WF. Black rot. Disease Identification Sheet No. 102GFSG-D4. 2003. Available at: <https://ecommons.cornell.edu/server/api/core/bitstreams/5e5a5fca-f81b-45a4-a26e-487718e46997/content>. Accessed: 1 August 2025.
2. Lippa MN, Tarolli P, Straffelini E. Climate change impacts and the reshaping of Canadian viticulture. *iScience*. 2025 Feb 26;28(3):111941. DOI: 10.1016/j.isci.2025.111941.
3. Aleinikova NV, Galkina ES, Radionovskaya YaE. Bolezni i vrediteli vinogradnoj lozy. Yalta; 2018. (In Russ.). EDN: YLCMRV.
4. Korsakova SP, Korsakov PB. Dynamics in the temporal boundaries of climatic seasons in the Southern Coast of the Crimea under climate change. *Bulletin of the State Scientific Botanical Garden*. 2018;127:107-115. (In Russ.). DOI: 10.25684/NBG.boolt.127.2018.15. EDN: XQRGIX.
5. Heidinger RM de O. Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Research International*. 2010;43(7):1844-1855. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.05.001.
6. Hsieh TF, Shen YM, Huang JH, et al. Insights into Grape Ripe Rot: A Focus on the *Colletotrichum gloeosporioides* Species Complex and Its Management Strategies. *Plants*. 2023;12(15):2873. DOI: 10.3390/plants12152873. EDN: JERZVQ.
7. Borisenko MN, Aleinikova NV, Galkina ES, et al. Phytosanitary state of vineyards of Crimea. *Plant protection and quarantine*. 2015;6:21-26. (In Russ.). EDN: TVUPFT.
8. Sosnowski MR, Emmett RW, Wilcox WF., et al. Eradication of black rot (*Guignardia bidwellii*) from grapevines by drastic pruning. *Plant Pathology*. 2021;61(6):1093-1102. DOI: 10.1111/J.1365-3059.2021.02595.X.
9. Agapova S.I., Tolokova L.P., Burdinskaya V.F. Bolezni i vrediteli na vinogradnikah Rostovskoj oblasti v 1984–2000 godah. *Vinograd i vino Rossii*. 2001;3:28-29.
10. Molitor D, Berkelmann-Loehnertz B. Simulating the susceptibility of clusters to grape black rot infections depending on their phenological development. *Crop Protection*. 2011;30(12):1649-1654. DOI: 10.1016/j.cropro.2011.07.020.
11. Neugebauer KA, Gillett JM, Klaassen V, et al. Occurrence of Grapevine Viruses in Different Cultivars and Regions Within Michigan. *Subscribe*. 2025;26(2):155-160. DOI: 10.1094/PHP-06-24-0061-RS.
12. Murzina MI. Oidium of grapes. *Bulletin of KSAU*. 2025;(7):16-34. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-7-16-34.
13. Aleinikova NV, Galkina ES, Andreev VV, et al. Etiology and rot control of berries of muskat white grapes in the Crimea southern coast conditions. *Fruit growing and viticulture of the South of Russia*. 2018;54(6):110-123. (In Russ.). DOI: 10.30679/2219-5335-2018-6-54-110-123. EDN: YSWPQL.
14. Galkina ES, Aleinikova NV, Andreev VV., et al. Control of black rot taking into account etiology and epidemiology in the vineyards of Crimea. *Magarach. Viticulture and winemaking*. 2020;22(3):246-251. DOI: 10.35547/IM.2020.22.3.013. EDN: FOZZAP. (In Russ.).
15. Gauthier N, Kaiser C, Hildabrand K. Black Rot of Grapes. *University of Kentucky*. January 2024. Available at: <https://weather.uky.edu/disease/PPFS-FR-S-16.pdf>. Accessed: 01.08.2025.
16. Weber P, Werner A, Rex F, et al. Identification of *Vitis riparia* as Donor of Black Rot Resistance in the Mapping Population V3125 x 'Börner' and Additive Effect of Rgb1 and Rgb2. *Agronomy*. 2025;15:1484. DOI: 10.3390/agronomy15061484.
17. *Viticulture and winemaking: information*. Edition. Moscow: Rosinformagrotech; 2022. 160 p. (In Russ.).
18. Volkov YaA. Gnili yagod vinograda na yuge Ukrainy i sovershenstvovanie meropriyatij po ogranicheniyu ih razvitiya [dissertation]. Yalta; 2012. 196 p. (In Russ.).

19. Borisenko MN, Aleinikova NV, Galkina ES., et al. Phytosanitary state of vineyards of Crimea. *Plant protection and quarantine*. 2015;6:21-26. (In Russ.). EDN: TVUPFT.
20. Schoch CL, Shoemaker RA, Seifert KA., et al. A multigene phylogeny of the dothideomycetes using four nuclear loci. *Mycologia*. 2006;98(6):1041–1052. DOI: 10.1080/15572536.2006.11832632.
21. Jermin M, Gessler C. Epidemiology and control of grape black rot in southern switzerland. *Plant Disease*. 1996;80(3):322-325. DOI: 10.1094/PD-80-0322.
22. Ivanov VN, Akhromeeva NA, Li BS., et al. The main diseases of the grape plant and measures to combat them. *Colloquium-Journal*. 2021;(4-1):36-38. (In Russ.). EDN: NUPJTA.
23. Tomoioga L, Comsa M. The Strategy of Optimization for Combat the Black Rot of Vine (*Guignardia bidwellii*), in the Ecoclimatic Conditions from Vineyard Târnavă. *Bulletin UASVM, Horticulture*. 2010; 67(1). DOI: 10.15835/BUASVMCN-HORT:4959.
24. Troshin LP, Chulkov VV. Razrabotki, formiruyushchie sovremennyj oblik vinogradarstva. Krasnodar: SZNIISiV; 2011. 281 p. (In Russ.).
25. Aleinikova NV, Borisenko MN, Galkina ES., et al. Modern trends of pests development in the ampelocenoses of Crimea. *Fruit growing and viticulture of the South of Russia*. 2016;42(6):119-134. EDN: WYJWEX.
26. Sirotkina NA. Influence of shape form on yield and quality of grapes of kunlean and pervenets magaracha varieties. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2021;65:60-66. (In Russ.). DOI: 10.31676/2073-4948-2021-65-60-66.
27. Burdinskaya VF. Bolezni i vrediteli vinograda i mery bor'by s nimi. Novochoerkassk: VNII-ViV im. Ya.I. Potapenko, 2009. 72 p. (In Russ.). EDN: STDVLR.
28. Ebbels DL, Principles of Plant Health and Quarantine. Wallingford, UK: CABI Publishing. 2003. Available at: [https://cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9780851996806.0000?src=getft&utm\\_source=wiley&getft\\_integrator=wiley](https://cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9780851996806.0000?src=getft&utm_source=wiley&getft_integrator=wiley). Accessed: 01.08.2025.
29. Hed B. Black Rot on Grapes in Home Gardens. Updated: July 5, 2023. Available at: <https://extension.psu.edu/black-rot-on-grapes-in-home-gardens>. Accessed: 01.08.2025.
30. Vasilev D, Tahir T. Black rot of grapes *Guignardia bidwellii* Ellis Viala amp Ravaz in the area of the city of Burgas under the conditions of integrated plant protection. *ASN*. 2024;11(3):42-54.
31. Misrieva BU, Misrieva AM. Biologically effective fungicides Talendo, CE (200 g / l), Thanos, EDC (250 + 250 g/kg) and Kurzat P, SP (689.5 + 42 g/kg) of the vineyards in Southern Dagestan. *Vestnik SPI*. 2014;4(12). (In Russ.). EDN: WKNXOR.
32. Todaro T, Miles TD. Early season vineyard disease management. Michigan State University Extension and Department of Plant, Soil and Microbial Sciences. 2018. Available at: [https://www.canr.msu.edu/news/early\\_season\\_vineyard\\_disease\\_management](https://www.canr.msu.edu/news/early_season_vineyard_disease_management). Accessed: 01.08.2025.
33. Crandall SG, Spychalla J, Crouch UT., et al. Rotting Grapes Don't Improve with Age: Cluster Rot Disease Complexes, Management, and Future Prospects. *Online APS Publications*. 2022;106(8). DOI: 10.1094/PDIS-04-21-0695-FE.
34. Weigle T. Grapes 101: Managing Black Rot. College of Agriculture and Life Sciences. Available at: <https://cals.cornell.edu/news/2014/03/grapes-101-managing-black-rot>. 19 August 2025.
35. Muntean MD, Drăgulinescu AM, Tomoiagă LL, et al. Fungal Grapevine Trunk Diseases in Romanian Vineyards in the Context of the International Situation. *Pathogens*. 2022;11:1006. DOI: 10.3390/pathogens11091006. EDN: BPUDCS.
36. Molitor D, Berkelmann-Loehnertz B. Simulating the susceptibility of clusters to grape black rot infections depending on their phenological development, *Crop Protection*. 2011;30(12):1649-1654. DOI: 10.1016/j.cropro.2011.07.020.
37. Loladze ZP, Partsvania MSh. Loladze Z.P., Parcvaniya M.Sh. Zashchita vinogradnikov Vostochnoj Gruzii. *Plant protection and quarantine*. 2013;(1):41. (In Russ.). EDN: PUZZIV.

38. Galkina YeS, Aleinikova NV, Andreyev VV, et al. The use of fungicides and biological preparations for effective grape mold control. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2022;24(Pt1(119)):41-47. (In Russ.). DOI: 10.35547/IM.2022.53.37.007. EDN: CZFFWU.
39. Narendaran ST, Babu B, Meyyanathan SN. Review of pesticide residue analysis in fruits and vegetables. Pre-treatment, extraction and detection techniques. *Food Research International*. 2020;133(1):109141. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109141. EDN: ZZPWKF
40. Mir S, Dar BN, Mir MM. Current strategies for the reduction of pesticide residues in food products. *Journal of Food Composition and Analysis*. November 2021;106(2). DOI: 10.1016/j.jfca.2021.104274.
41. Keklik M, Odabas E, Golge O., et al. Quantification and risk assessment of pesticide residues in Sultani seedless grapes: Implications for consumer safety. *Food and Chemical Toxicology*. 2025;204:115655. DOI: 10.1016/j.fct.2025.115655.
42. Cermeño S, Veiga-del-Baño JM, Cámara MÁ., et al. Processing Factors and Risk Assessment of Pesticide Residues in Wine. *Fermentation*. 2025;11:318. DOI: 10.3390/fermentation11060318.
43. Mafessoni Liviz CA, Maciel GM, Pinheiro DF., et al. Pesticide residues in grapes and wine: An overview on detection, health risks, and regulatory challenges. *Food Research International*. 2025;203:115771. DOI: 10.1016/j.foodres.2025.115771.
44. Song B, Zhou Y, Zhan R, et al. Effects of Different Pesticides on the Brewing of Wine Investigated by GC-MS-Based Metabolomics. *Metabolites*. 2022;27(12(6)):485. DOI: 10.3390/metabo12060485. EDN: MXIJFE.
45. Yurchenko EG. Phytosanitary state of vineyards: challenges and solutions. *Plant Protection and Quarantine*. 2021;10:3-9. DOI: 10.47528/1026-8634\_2021\_10\_3. EDN: ANFEID. (In Russ.). DOI: 10.47528/1026-8634\_2021\_10\_3. EDN: ANFEID.
46. Díez-Méndez A, García-Izquierdo I, Poveda J. Microbial biological control of Botrytis bunch rot (*Botrytis cinerea*) of grapevine (*Vitis vinifera*) crops: A meta-analysis. *Crop Protection*. 2025;190:107085. DOI: 10.1016/j.cropro.2024.107085.
47. Carlucci A, Raimondo ML, Ricciardi G. Assessment of different control means to protect grape berries from biotic injuries in postharvest. *Postharvest Biology and Technology*. 2024;213:112912.
48. Raveau R, Ilbert C, Héloir MC., et al. Broad-Spectrum Efficacy and Modes of Action of Two *Bacillus* Strains against Grapevine Black Rot and Downy Mildew. *J. Fungi*. 2024;10:471. DOI: 10.3390/jof10070471. EDN: MRUDHF.
49. Ilyina IA, Petrov VS, Popova DV, et al. Development of an electronic database for assessing the ecological potential of grape varieties and their applying in breeding. *Fruit growing and viticulture of the South of Russia*. 2021;69(3):1-19. (In Russ.). DOI: 10.30679/2219-5335-2021-3-69-1-19. EDN: PLNMWR.
50. Yurchenko EG, Yakuba GV, Mishchenko IG, et al. Study of micopatosystems of perennial agrocenoses on the basis of biocenotic methodological approach. *Scientific works*. 2018;15:79-84. (In Russ.). DOI: 10.30679/2587-9847-2018-15-79-84. EDN: UPFQAS.
51. Wang Z, Xue T, Gao F, et al. Intraspecific recurrent selection in *V. vinifera*: an effective method for breeding of high quality, disease-, cold-, and drought-resistant grapes. *Euphytica*. 2021. P. 217-111. DOI: 10.1007/s10681-021-02851-7. EDN: HONYVY.
52. Galkina ES, Aleinikova NV, Radionovskaya YaE., et al. Grapevine trunk diseases in Crimea. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2023;25(2):193-200. (In Russ.). DOI: 10.34919/IM.2023.25.2.013. EDN: LSFCFW.
53. Breeding for black rot resistance in grapevine: advanced approaches for germplasm screening. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-023-03235-9>. Accessed: 01.08.2025.
54. Bettinelli P, Nicolini D, Costantini L., et al. Towards Marker-Assisted Breeding for Black Rot Bunch Resistance: Identification of a Major QTL in the Grapevine Cultivar 'Merzling'. *Int. J. Mol. Sci*. 2023;24:3568. DOI: 10.3390/ijms24043568. EDN: HWCDJY.

55. Eichmeier A, Diaz-Losada E, Hakalova E., et al. Draft genome sequence of *Phyllosticta ampellicida*, the cause of grapevine black rot. *Phytopathologia mediterranea*. 2022;61(2). DOI: 10.36253/phyto-13516.
56. Hastoy X, Franc C, Riquier L., et al. Fungitoxic role of endogenous eugenol in the hybrid grapevine cultivar Baco blanc resistant to *Botrytis cinerea*. *OENO One*. 2023;57(2). DOI: 10.20870/oenone.2023.57.2.7454.
57. Szabó M, Csikász-Krizsics A, Dula T., et al. Black Rot of Grapes (*Guignardia bidwellii*)-A Comprehensive Overview. *Horticulturae*. 2023;9:130. DOI: 10.3390/horticulturae9020130. EDN: MWFYHN.
58. Peyraud R, Dubiella U, Barbacci A. Advances on Plant-Pathogen Interactions from Molecular toward Systems Biology Perspectives. *Plant J. Cell Mol. Biol.* 2017;90:720-737. DOI: 10.1111/tbj.13429. EDN: YEUSLX.
59. Chen F, Ma R, Chen XL. Advances of Metabolomics in Fungal Pathogen-Plant Interactions. *Metabolites*. 2019;9:169. DOI: 10.3390/metabo9080169.
60. Khafizova AA. New resistant grape varieties 'Pinot Iskra', 'Kersus', 'Pinot Kors', 'Volturnis'. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2022;24(1):19-25. DOI: 10.35547/IM.2022.53.62.003. EDN: GLMDMK. (In Russ.).
61. Krasokhina SI. Adaptive features and prospects of growing the grape variety faith in the Rostov Region. *Russkij vinograd*. 2024;30:24-32. (In Russ.). DOI: 10.32904/2712-8245-2024-30-24-32. EDN: EEPBEP.
62. Crandall SG, Spychalla J, Crouch UT, et al. Rotting Grapes Don't Improve with Age: Cluster Rot Disease Complexes, Management, and Future Prospects. *The American Phytopathological Society. Published Online*. 14 Jul 2022;106(8). DOI: 10.1094/PDIS-04-21-0695-FE.
63. Vasilev D, Turhan T. Black rot of grapes (*Guignardia bidwellii* (Ellis) Viala & Ravaz) in the area of the city of Burgas under the conditions of integrated plant protection. *Acta Scientifica Naturalis. Sciendo*. 2024;11(3):42-54. DOI: 10.2478/asn-2024-0017. EDN: WPXVRD.
64. Dry I, Riaz S, Fuchs M., et al. Scion Breeding for Resistance to Biotic Stresses. *Compendium of Plant Genomes*. 14 November 2019. pp 319-347. DOI: 10.1007/978-3-030-18601-2\_15.
65. Jabco JP, Nesbitt WB, Werner DJ. Resistance of various classes of grape to the bunch and muscadine grape forms of black rot. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1985;110(6):762-765. DOI: 10.21273/JASHS.110.6.762.
66. Li Z, Wu R, Guo F. Advances in the molecular mechanism of grapevine resistance to fungal diseases. *Molecular Horticulture*. Available at: <https://molhort.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43897-024-00119-x>. Accessed: 19 August 2025. DOI: 10.1186/s43897-024-00119-x.
67. Bettinelli P, Camponogara Tomazetti T, Zulini L., et al. Forward marker-assisted selection for mildew resistance in grapevine: an optimized applied process. In: 21st general congress Eucarpia. *Rotterdam, the Netherlands*. 2021. Available at: <https://hdl.handle.net/11572/377380>. Accessed: 19 August 2025.
68. Weber P, Werner A, Rex F., et al. Identification of *Vitis riparia* as Donor of Black Rot Resistance in the Mapping Population V3125 x 'Börner' and Additive Effect of Rgb1 and Rgb2. *Agronomy*. 2025;15:1484. DOI: 10.3390/agronomy15061484.
69. Razzaq A, Sadia B, Raza A., et al. Metabolomics: A Way Forward for Crop Improvement. *Metabolites*. 2019;9:303. DOI: 10.3390/metabo9120303 EDN: TAWPVG.
70. Maia M, Ferreira AEN, Nascimento R., et al. Integrating Metabolomics and Targeted Gene Expression to Uncover Potential Biomarkers of Fungal. *Oomycetes-Associated Disease Susceptibility in Grapevine*. *Sci. Rep.* 2020;10:15688. DOI: 10.1038/s41598-020-72781-2. EDN: AVSDWB.
71. Sakurai N. Recent Applications of Metabolomics in Plant Breeding. *Breed. Sci.* 2022;72:56-65. DOI: 10.1270/jsbbs.21065. EDN: TRFMUA.

72. Portela F, Sousa JJ, Araújo-Paredes C., et al. A Systematic Review on the Advancements in Remote Sensing and Proximity Tools for Grapevine Disease Detection. *Sensors (Basel)*. 2024;24(24):8172. DOI: 10.3390/s24248172. EDN: UHQTKD.
73. Pandey K, An AC. Exploration of Deep Learning Techniques for the Detection of Grape Diseases. *Recent Advances in Computer Science and Communications*. 2024;17(2):1-12. DOI: 10.2174/2666255816666230622125353.
74. Sousa JJ, Toscano P, Matese A., et al. UAV-Based Hyperspectral Monitoring Using Push-Broom and Snapshot Sensors: A Multisite Assessment for Precision Viticulture Applications. *Sensors*. 2022;22:6574. DOI: 10.3390/s22176574.
75. Jigna P. Big Data analytics for Advanced Viticulture. *Scalable Computing: Practice and Experience*. 2021;22(3):302-312. DOI: 10.12694/SCPE.V22I3.1856.
76. Krithika N., Selvarani A.G. An individual grape leaf disease identification using leaf skeletons and KNN classification. *International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)*. Coimbatore. *India*. 2017. pp. 1-5. DOI: 10.1109/ICIIECS.2017.8275951.
77. Barbedo J. A novel algorithm for semi-automatic segmentation of plant leaf disease symptoms using digital image processing. *Tropical Plant Pathology*. 2016;41:210-224. DOI: 10.1007/s40858-016-0090-8.
78. Ji M, Zhang L, Wu Q, Automatic grape leaf diseases identification via UnitedModel based on multiple convolutional neural networks. *Information Processing in Agriculture*. 2020;7(3):418-426. DOI: 10.1016/j.inpa.2019.10.003. EDN: AFSPPN.
79. Zhu J, Cheng M, Wang Q., et al. Grape Leaf Black Rot Detection Based on Super-Resolution Image Enhancement and Deep Learning. *Front. Plant Sci. Sec. Technical Advances in Plant Science*. 29 June 2021. Vol. 12. DOI: 10.3389/fpls.2021.695749.
80. Bălăceanu C-M, Streche R-A, Roșcăneanu R., et al. Advanced precision farming techniques employing WSN and UAV. *Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics, and Nanotechnologies XI*. 2023. Vol. 12493. Available at: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/12493/124930R/Advanced-precision-farming-techniques-employing-WSN-and-UAV/10.1117/12.2643125.short?tab=ArticleLinkCited>. Accessed: 19 August 2025. DOI: 10.1117/12.2643125.
81. Khadangale T, Bhoiyate D, Kotwal V, et al. Drones for Vineyard Health: Detection and Targeted Pest Control. *IJIRMP*. 2024;12(3). Available at: <https://www.ijirmps.org/papers/2024/3/230667.pdf>. Accessed: 1 August 2025.
82. Yuan H, Zhu J, Wang Q., et al. An Improved DeepLab v3+ Deep Learning Network Applied to the Segmentation of Grape Leaf Black Rot Spots. *Front. Plant Sci*. 2022;13:795410. DOI: 10.3389/fpls.2022.795410. EDN: NIRXGP.
83. Javidan SM, Banakar A, Vakilian KA., et al. Diagnosis of grape leaf diseases using automatic K-means clustering and machine learning. *Smart Agricultural Technology*. 2023;3:100081. DOI: 10.1016/j.atech.2022.100081.
84. Raut S, Fulsunge A. Plant disease detection in image processing using MATLAB. *International journal of innovative Research in science. Engineering and Technology*. 2017;(6(6)). Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Plant-Disease-Detection-in-Image-Processing-Using-Raut-Fulsunge/77eb4a0c5b5b9d470ebde1172fa74f62010c8829>. Accessed: 19 August 2025.
85. Kirti K, Rajpal N. Black Rot Disease Detection in Grape Plant (*Vitis vinifera*) Using Colour Based Segmentation & Machine Learning. *2020 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN)*. Greater Noida. *India*. 2020. pp. 976-979. DOI: 10.1109/ICACCCN51052.2020.9362812.
86. Han X, Wei Y, Yuan L., et al. Characterization of flavor profiles of wines produced with Coniella vitis-infected grapes by GC-MS, HPLC, and sensory analysis. *Food Chemistry*. 2025;471:142820. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.142820.

87. Yan HK, Zhang CC, Nai GJ., et al. Microbial Inoculant GB03 Increased the Yield and Quality of Grape Fruit Under Salt-Alkali Stress by Changing Rhizosphere Microbial Communities. *Foods*. 2025;20(14(5)):711. DOI: 10.3390/foods14050711. EDN: PJEQDO.
88. Colombi U, Sanarica L, Pargoletti E., et al. Wine putrescine abatement by bentonites: From ideal case to practice. *Food Chemistry*. 2023;417:135876. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.135876. EDN: MSWAKN.
89. Kellner N, Antal E, Szabó A, The Effect of Black Rot on Grape Berry Composition. *Acta Aliment*. 2022;51:126-133. DOI: 10.1556/066.2021.00195. EDN: YEPPDI.
90. Landraut N, Poucheret P, Ravel P., et al. Antioxidant capacities and phenolic levels of French wines from different varieties and vintages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2021;49(7):3341-3348. DOI: 10.1021/jf010128f.
91. Nagy B, Soós J, Horváth B., et al. The effect of fine lees as a reducing agent in sur lie wines, aged with various sulphur dioxide concentrations. *Acta Alimentaria*. 2017;46:109-115. DOI: 10.1556/066.2017.46.1.14.
92. Kong Q, Zhang H, Gao Q., et al. Ultraviolet C irradiation enhances the resistance of grape against postharvest black rot (*Aspergillus carbonarius*) by regulating the synthesis of phenolic compounds. *Food Chemistry*. 2024;460(2):140509. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.140509.

Статья принята к публикации 20.10.2025 / The article accepted for publication 20.10.2025.

Информация об авторах:

**Мария Игоревна Мурзина**, научный сотрудник лаборатории защиты растений от болезней и вредителей

**Валентина Георгиевна Пузырнова**, старший научный сотрудник лаборатории контроля качества виноградо-винодельческой продукции, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

**Maria Igorevna Murzina**, Researcher, Laboratory for Plant Protection from Diseases and Pests

**Valentina Georgievna Puzyrnova**, Senior Researcher, Laboratory for Quality Control of Grape and Wine Products, Candidate of Agricultural Sciences

