

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-154-158>
УДК: 634.75:631.524.86:001.8

Т.Н. Камедько*, Р.М. Пугачёв, В.В. Скорина

Учреждение образования
«Белорусская государственная орденов
Октябрьской Революции и Трудового Красного
Знамени сельскохозяйственная академия»
Республика Беларусь, 213410,
Могилевская обл., г. Горки, ул. Мичурина, 5

*Автор для переписки: t.kamedko@yandex.by

Финансирование. Данные исследования выполнялись в рамках темы ЗМ-24 «Оценка и отбор устойчивых к антракнозу селекционных образцов земляники садовой на основе ДНК-анализа и фенотипирования» задания 2.31 «Усовершенствование методов отбора исходного селекционного материала плодовых, ягодных и орехоплодных культур в изменяющихся климатических условиях» подпрограммы «Земледелие и селекция», государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025 годы и проекта Б19-087 «Генетическая идентификация потенциала устойчивости к болезням сортов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) для использования в маркер-сопутствующей селекции» Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

Вклад авторов: Камедько Т.Н.: проведение исследования, концептуализация, методология, верификация и администрирование данных, создание рукописи. Пугачёв Р.М.: проведение исследований, создание рукописи и её редактирование. Скорина В.В.: научное руководство исследованием, анализ данных, редактирование рукописи. Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Конфликт интересов. Скорина В.В. является членом редакционной коллегии журнала «Овощи России» с 2008 года, но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Для цитирования: Камедько Т.Н., Пугачёв Р.М., Скорина В.В. Результаты оценки устойчивости к антракнозу сортов земляники садовой на основе фенотипирования и ДНК-анализа. *Овощи России*. 2025;(6):154–158. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-154-158>

Поступила в редакцию: 25.08.2025

Принята к печати: 12.11.2025

Опубликована: 18.12.2025

Tatsiana N. Kamedzko*, Roman M. Puhachov,
Vladimir V. Skorina

Educational Institution "Belarusian State of the Orders of the October Revolution and the Order of the Labour Red Banner Agricultural Academy"
5, Michurin St., Gorki, Mogilev Region,
213410, Republic of Belarus

*Correspondence Author: t.kamedko@yandex.by

Funding. The study was supported as part of Project ЗМ-24 «Evaluation and selection of anthracnose-resistant strawberry breeding samples based on DNA-analysis and phenotyping» task 2.31 «Improving the methods of initial breeding material selection of fruit, berry and nut crops in changing climatic conditions», subprogram «Agriculture and breeding», state program of scientific research «Agricultural technology and food safety» on 2021–2025 and Project Б19-087 «Genetic identification of disease resistance opportunities among strawberry varieties (*Fragaria × ananassa* Duch.) for using in marker-associated selection» of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research.

Authors' Contribution: Kamedzko T.N.: investigation, conceptualization, methodology, validation, data curation, writing – original draft. Puhachov R.M.: investigation, writing – original draft. Skorina V.V.: supervision, formal analysis, writing – review & editing. All authors read and approved the final version of the manuscript.

Conflict of interest. Skorina V.V. has been a member of the editorial board of the Journal "Vegetable crops of Russia" since 2008, but had nothing to do with the decision to publish this manuscript. The manuscript passed the journal's peer review procedure. The authors declare no other conflicts of interest.

For citation: Kamedzko T.N., Puhachov R.M., Skorina V.V. Results of anthracnose resistance assessment of strawberry cultivars based on phenotyping and DNA analysis. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(6):154–158. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-154-158>

Received: 25.08.2025

Accepted for publication: 12.11.2025

Published: 18.12.2025

Результаты оценки устойчивости к антракнозу сортов земляники садовой на основе фенотипирования и ДНК-анализа

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Антракноз является вредоносным грибным заболеванием земляники садовой. Во многих странах этот возбудитель включен в список карантинных объектов. Для создания новых устойчивых к антракнозу сортов необходимо вместе с традиционными методами оценки и отбора устойчивых форм на инфекционном фоне, использовать и маркер-ассоциированную селекцию.

Материал и методика. Объект исследований – 197 сортов земляники садовой различного происхождения. Предмет исследований – устойчивость сортов к антракнозу. Оценка проводилась в полевых условиях на естественном инфекционном фоне. В работе использовались молекулярно-генетические методы выделения ДНК, ПЦР-анализ, оценка продуктов амплификации в агарозном геле. Экспериментальные данные обрабатывали методом кластерного анализа.

Результаты. При оценке на естественном инфекционном фоне все сорта были разделены на 5 кластеров. Из них второй кластер с баллом поражения меньше 1 объединил в себя 82 относительно устойчивых сорта, которые можно рекомендовать в качестве источников ценных признаков в селекции на устойчивость к антракнозу. Первый и пятый кластер объединили в себя неустойчивые сорта с баллом поражения 3 и выше, куда вошло 20 и 21 сорт соответственно. Третий и четвертый кластеры объединили в себя среднеустойчивые сорта с баллом поражения выше 1 и меньше 3, куда вошло 43 и 31 сорта соответственно. На основе генетического анализа ПЦР-продукты обоих маркеров (STSRca2_240 и STS-Rca2_417) были идентифицированы у 15,2% изученных сортов земляники садовой, среди них сорта Татиус и Тарро, созданные в УО БГСХА на кафедре плодовоовощеводства. 11,7% сортов имели маркер STSRca2_240. Наибольшее количество сортов (53,8%) характеризовались наличием маркера STS-Rca2_417. У остальных сортов данные маркеры не выявлены. Учитывая полученные результаты, нельзя утверждать, что наличие в геноме образца земляники обоих изученных маркеров обеспечивает устойчивость к антракнозу.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Fragaria × ananassa, *Colletotrichum acutatum*, ДНК-маркеры, устойчивость к болезням, гены, сорт, кластерный анализ.

Results of anthracnose resistance assessment of strawberry cultivars based on phenotyping and DNA analysis

ABSTRACT

Relevance. Anthracnose is a harmful fungal disease for strawberries. In many countries, this pathogen is included in the list of quarantine objects. A good way to create new anthracnose resistant cultivars is to join forces of traditional breeding to assess and select resistant forms in conditions of infectious background with the opportunities of marker-associated selection.

Material and Methods. The object of the research – 197 strawberry cultivars of various origins. The subject of the research is the resistance to anthracnose. The assessment was carried out in conditions of natural infectious background in open field. We used molecular genetic methods of DNA extraction, PCR analysis, and assessment of amplification products in agarose gel. The experimental data were processed using cluster analysis.

Results. All cultivars were divided into 5 clusters according to the results of the assessment on the natural infectious background. The second cluster had a damage score of less than 1 and united 82 relatively resistant cultivars. They can be recommended as sources of valuable traits for anthracnose resistance breeding. The first and fifth clusters united unstable varieties with a damage score of 3 and higher, which included 20 and 21 varieties, respectively. The third and fourth clusters united moderately resistant varieties with a damage score higher than 1 and less than 3, which included 43 and 31 varieties, respectively. The results of DNA-analysis showed the presence of PCR products for both markers (STSRca2_240 and STS-Rca2_417) in 15.2% of the studied strawberry cultivars, including the Tatius and Tarro, which were created at the Department of Horticulture, Belarusian State Agricultural Academy. Additionally, 11.7% of the cultivars had fragment of the STSRca2_240 marker. The largest number of samples (53.8%) were characterized by the manifestation of the STS-Rca2_417 marker. In the remaining cultivars, these markers did not appear. Taking into account the obtained results, it cannot be stated that the presence of both assessed markers in the strawberry sample genome provides resistance to anthracnose.

KEYWORDS:

Fragaria × ananassa, *Colletotrichum acutatum*, DNA markers, disease resistance, genes, cultivar, cluster analysis



Введение

Во многих странах Европы, Азии, Африки, Америки антракноз является широко распространенным грибным заболеванием земляники садовой. В странах Европейского союза, в Израиле и Чили этот возбудитель включен в карантинный список, также *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds – карантинный организм, ограниченно распространенный на территории Евразийского экономического союза [1].

Грибной патоген *C. acutatum* обладает высокой вредоносностью. Антракнозом поражаются все органы растений земляники. Гифы гриба распространяются внутриклеточно, уничтожая при этом клетки или участки тканей растений. При сильном поражении листья некротизируются и опадают, на черешках и побегах отмечается формирование мелких, глубоких язвочек, которые при слиянии формируют вмятины, плоды покрываются пятнами и мумифицируются. Также болезнь опасна тем, что после проникновения в растение патоген может прекратить свое развитие до определенного периода и симптомы заражения могут не проявляться в течение нескольких лет [2].

Экономические потери урожая земляники садовой от антракноза могут составлять от 30 до 80%, а выпадения растений в маточных насаждениях – более 33% [2, 3].

О развитии антракноза на землянике садовой в научных работах белорусских исследователей ранее не упоминалось. Однако в ходе научно-исследовательских работ по темам «Видоспецифический состав и патогенность эпифитотийно опасных возбудителей болезней земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) на территории Беларуси» (проект БРФФИ № Б14-120) и «Разработать эффективный метод отбора устойчивых к болезням генотипов земляники садовой на ранних этапах развития растений» (проект БРФФИ № Б16М-124) из пораженных органов земляники (листья, ягоды) был выделен и введен в культуру грибок *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds, вызывающий антракноз [4, 5]. Также О.В. Скрипка, заведующий лабораторией микологии ФГБУ «ВНИИКР» утверждает, что из Беларуси в Воронежскую область РФ с посадочным материалом был завезен патоген, вызывающий антракноз земляники садовой [3].

Для успешного решения селекционных задач путем создания новых устойчивых к антракнозу сортов и гибридов, особое значение приобретает не только использование традиционных методов оценки и отбора на естественном инфекционном фоне, но и современные, пока мало применяемые на ягодных культурах в Республике Беларусь, селекционные методы, такие как МАС (маркер-ассоциированная селекция). Использование диагностических ДНК-маркеров для выявления генотипов, несущих локусы, ассоциированные с устойчивостью земляники садовой к антракнозу, повысит надёжность идентификации и ускорит селекционный процесс.

Устойчивость к антракнозу у земляники контролируется доминантным геном *Rca2*. Методом сегрегационного bulk-анализа (BSA-Bulked segregant analysis) картировали ген *Rca2* и идентифицировали сцепленные с ним AFLP-маркеры *mf1*, *mf2*, *mf3* и *mf4*. Два из них были конвертированы в ПЦР-маркеры STS-*Rca2_240* и STS-*Rca2_417*. Ген *Rca2* был картирован на расстоянии 2,8 cM от маркера STS-*Rca2_240* и 0,6 cM от маркера STS-*Rca2_417* [6].

В связи с этим целью наших исследований являлась оценка устойчивых к антракнозу сортов земляники садовой на основе гено- и фенотипирования, сопоставление результатов и на их основе выделить источники устойчивости к антракнозу для дальнейшей селекции.

Задачи исследований:

– оценить коллекцию сортов земляники садовой различного происхождения по устойчивости к антракнозу на инфекционном фоне;

– на основе ДНК-анализа выявить генотипы несущие локусы ДНК, ассоциированные с устойчивостью к антракнозу;

– сопоставить результаты гено- и фенотипирования и рекомендовать устойчивые генотипы в качестве источников ценных признаков в селекции.

Материал и методика проведения исследований

Полевые опыты проводили в учебно-опытном саду кафедры плодовоовощеводства учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (Белорусская государственная сельскохозяйственная академия). Коллекционные насаждения земляники садовой включают более 200 сортов различного происхождения. Растения выращивали на гребнях, мульчированных черной плёнкой, с расположением растений двумя строчками 30×30 см и междурядьем 1,4 м.

Во время проведения исследований (2024 год) погодные условия были близкими к оптимальным для развития антракноза [7], что позволило объективно оценить устойчивость сортов.

Среднемесячные температуры вегетационного периода 2024 года значительно отличались от средних многолетних. В целом отмечены превышения среднемесячных температур от 2,6–3,0 ° в июне, августе, июле и апреле, до 6,2, 6,3 и 6,8 °C в марте, сентябре и феврале. Колебания температур по декадам характеризовались той же тенденцией.

Для режима осадков вегетационного периода 2024 года были характерны существенные колебания по сравнению со средней многолетней. В целом, относительный дефицит влаги ощущался в августе, что повлияло на спад в развитии болезни, и значительный в сентябре (осадков выпало только 10% от среднего многолетнего значения), а также во второй половине апреля.

В июне, во время максимального развития антракноза на землянике, среднесуточная температура воздуха составила 20 °C, а максимальная температура была на уровне 31,8 °C. Относительная влажность воздуха была на уровне 70–80%.

Опытный участок представлен дерново-подзолистой суглинистой почвой. Содержание фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O) в почве составляло – 316,95 мг/кг и 184,15 мг/кг соответственно, содержание гумуса 2,5%, рНКСИ – 6,1.

Уход за опытными насаждениями осуществляется по общепринятой агротехнике без применения средств защиты от болезней [8].

Сведения о динамике развития антракноза на землянике в Республике Беларусь отсутствуют. Поэтому был проведён ряд учетов, чтобы выявить время начала проявления болезни и время максимального развития антракноза земляники садовой за вегетационный период. Учеты проводили в период с мая по сентябрь 2024 года.

Оценку сортов на устойчивость к антракнозу проводили визуально по всей опытной деланке, опираясь на бальную шкалу для грибных болезней, вызывающих увядание растений [9]:

0 – признаки болезни отсутствуют, растения развиваются нормально;

1 – очень слабое поражение: в росте отдельных растений наблюдается отставание или легкое подвядание;

2 – слабое поражение: поражено слабо до 10 % растений. В росте заболевших растений заметно отставание или подвядание;

3 – среднее поражение: поражено в значительной степени до 25 % растений; отмечается явное отставание в росте и подсыхание листьев на периферии кустов или явное увядание с резкой потерей тургора без отставания в росте;

4 – сильное поражение: поражено в сильной степени до 50 % растений; растения с сильным поражением на грани отмирания, побурели, в центре кустов в области сердечка сохранились молодые листочки; остальные растения ослаблены в росте или имеют подвядание;

5 – очень сильное поражение: поражено в сильной степени свыше 50 % растений; растения на грани гибели.

Устойчивыми считались растения без признаков болезни (0 баллов), относительно устойчивыми (до 1 балла) – с признаками болезни, но энергично растущие, среднеустойчивыми (1–3 балла) – растения с явным отставанием в росте и неустойчивыми (более 3 баллов) – растения, рост которых сильно подавлен.

Молекулярно-генетический анализ проводили в научно-исследовательской генетической лаборатории УО БГСХА.

Выделение ДНК из растений осуществляли с использованием набора компании Thermo Scientific (Genomic DNA Purification Kit #K0512) с модификациями протокола, рекомендованного производителем. Для получения препаратов ДНК использовали 100–200 мг растительной ткани (молодые листья), гомогенизировали их в микропробирках (тип Эппендорф) на лабораторном гомогенизаторе MILLMIX 20. Концентрацию и чистоту выделенной ДНК проверяли на спектрофотометре DeNovix DS-11 FX.

Использованные для анализа праймеры были синтезированы ОДО «Праймтех» (Беларусь) (табл. 1).

Таблица 1. Праймеры и их нуклеотидные последовательности [6]
Table 1. Names, sequences and the sizes of DNA fragments for used primers [6]

Праймер	Нуклеотидная последовательность	Размер ампликонов, п.н.
STS-Rca2_240	F 5'GCC ACG TCA CTA GTC AAA TTC AA3', R 5'TCA TGG ACA GTG GTC TCA GC3'	240
EMFv020 (контроль)	F 5' CAG GCG CCA ACG GCG TGC TCT TGT3' R 5'CAG GCG GCG CAG CTC ATC CCT AGG3'	154
STS-Rca2_417	F 5'ACC ATG CAG AAC GTT CAG ATA T3', R 5'TCC CAG CTG AAG ATC AAT GTA GT3'	417

Реакционная смесь для ПЦР объемом 20 мкл содержала: 3 мкл ДНК (20 нг/мкл), 0,2 мМ dNTPs, 0,2 мМ каждого праймера, 0,8 U Taq-полимеразы и 1 мМ Taq-буфера (+ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{KCl}+\text{MgCl}_2$).

Аmplификацию проводили в термоциклере C1000 производства фирмы Touch по следующим программам: маркер STS-Rca2_240: денатурация: 95°C – 3 мин, 35 циклов: 95°C – 50 с; 64°C – 50 с; 72°C – 1 мин; 1 цикл – 72°C – 5 мин; маркер STS-Rca2_417: денатурация: 95°C – 3 мин, 35 циклов: 95°C – 50 с; 62°C – 50 с; 72°C – 1 мин; 1 цикл – 72°C – 5 мин. Разделение ампликонов осуществляли методом электрофореза в 1,5% агарозном геле. Для определения длины амплифицированных фрагментов использовали ДНК маркер молекулярного веса, m100bp (Евроген). Гели документировали с помощью фотографиярования после окрашивания этидиум бромидом.

В результате амплификации у образцов выявляли фрагменты длиной 154 (контроль ПЦР) и 240 п.н. Сцепленный с геном Rca2 фрагмент имеет длину 240 п.н. Также фрагменты длиной от 417 до 421 п.н. и дополнительно фрагмент 397 п.н. Сцепленный с геном Rca2 фрагмент имеет длину 417 п.н.

Кластерный анализ по степени поражения растений земляники антракнозом (в баллах) проводился в программе STATISTICA 12. В качестве правила объединения был выбран метод полной связи, который определяет расстояние между кластерами как наибольшее расстояние между любыми двумя объектами в различных кластерах. В качестве меры близости – Евклидово расстояние, геометрическое расстояние в n-мерном пространстве. На основе полученных данных выделили 5 кластеров. Далее проводилась кластеризация методом k-средних.

Результаты исследований и их обсуждение

Первые признаки развития антракноза начали появляться в конце мая на черешках в виде мелких глубоких язвочек темного цвета и крупных пятен с хорошо заметным красно-фиолетовым оттенком на листьях. Максимальное развитие антракноза было отмечено в конце июня в середине плодоношения, когда на многих сортах уже начали появляться усы. Характерные сухие вдавленные пятна были на всех частях растения (черешки, цветоносы, листья, усы, плоды). В этот промежуток времени имели

место близкие к оптимальным условия для жизнедеятельности гриба: среднесуточная температура 20°C и относительная влажность воздуха 70%. Снижение степени развития болезни у 53 сортов наблюдался в августе, что объясняется высокой температурой воздуха в этот период и ограниченным количеством осадков, это обуславливало слабое заражение отрастающих листьев. У 62 сортов земляники садовой степень поражения растений значительно возросла, что вероятнее всего связано с морфологическими и генетическими особенностями сорта (габитус растения, слабая опушенность черешков и листьев, низкая плотность ягод и др.).

Кластеризация методом k-средних позволила установить сорта со сходными особенностями в отношении поражения антракнозом (рисунком).

Во второй кластер относительно устойчивых сортов, с баллом поражения меньше 1 вошло 82 сорта: Сюзи, Ремонтантная розовая, Талия, Олимпия, Готика, Гигантелла Максима, Троицкая, Богота, Элькат, Онега, Найдена добрая, Кармен, Натали, Дивная, Ударница, Холидей, Викода, Сэнди, Купчиха улучшенная, Садовый рубин, Фронтерас, Торпеда, Рания, Камароза, Дестини, Бьянка Фрагола №5, Барокко, Вента, Лия, Текла, Кори, Лималексия, Кимберли, Татиус, Веснянка, Тарро, Соловушка, Фламинго, Фестивальная ромашка, Любава, Мишутка, Красный берег, Кама, Загадка, Сириус, Полли, Челси, Фраголория, Набила, Джולי, Марисоль, Пальмерита, Сударушка, Априка, Вима Гарда, Фенелла, Осирис, Кент, Лаура, Магнус, Мальвина, Витязь, Вима Занта, Эльсанта, Талка, Польшина, Аргентера, Флавия, Венди, Петалума, Элиани, Элли, Примелла, Фламиния, Сирия, Фейерверк, Гармония, Пегасус, Флоранс, Мадлен, Царскосельская, Моллинг столетие.

Первый и пятый кластер объединили в себя неустойчивые сорта с баллом поражения 3 и более, куда вошло 20 и 21 сорт соответственно:

- кластер 1: Дали, Хадемар, Брилла, Мурано, Румба, Эми, Славутич, ВР4, Хансалола, Вирена, Полка, Викториана, Ренессанс, Гора Эверест, Синсерли, Эви 2, Анаис, Фернандо, Осенняя радость;

- кластер 5: Вима Ксима, Красавица, Сапоро, Шарлотта, Фестивальная, Лакомка, Дели, Багряная, Корона, Сладкая Анна, Лорд, Росинка, Ирма, Сюрприз Олимпиаде, Зенга Зенгана, Флорида Фестиваль, Мармолада, Эльвира, Тея, Рубиновый кулон, Дачница.

Третий и четвертый кластеры включали среднеустойчивые сорта с баллом поражения более 1, но меньше 3, куда вошло 43 и 31 сорта:

- кластер 3: Наяд, Ева, Чендлер, Вега, Моллинг Аллюр, Онда, Слононок, Тетис, Маригет, Жемчужница, Джоника, Королева Элиза, Аллегро, Студенческая, Купчиха, Сандра, Вырицкая, Кандис, Кокинская ранняя, Гаригуэтта новая, Роксана, Сизоже, Принцесса Диана, Хику, Кембридж, Спасская, Московский деликатес, Сенсация, Кристина, Антеа, Хоней, Эверли, Маришка, Маэстро, Верити, Елизавета, Остара, Вивара, Клери, Соната, Женева, Тельма, Альба;

- кластер 4: Арабелла, Царица, Азия, Крапо 10, Скала, Сибилла, Эвита, Елизавета II, Гренада, Кокинская заря, Дукач, Классика, Боровицкая, Орли, Люция, Флорида, Гелеос, Фаворит, Юния Смайдс, Присвята, Тенира, Торос, Примми, Гаригуэтта, Заря, Квики, Нанди, Фейт, Вима Рина, Красная Капелька, Джемил.

В ходе проведения ДНК-анализа с использованием генетических маркеров для идентификации устойчивости земляники садовой к *S. acutatum*, нами были использованы ПЦР-маркеры STS-Rca2_240 и STS-Rca2_417. На основе их наличия изучаемые сорта были разделены на четыре группы: имеющие оба маркера, имеющие только один из маркеров и не имеющие их (табл. 2).

ПЦР-продукты маркеров STSRca2_240 и STS-Rca2_417 с размером 240 п.н. и 417 п.н. были идентифицированы у 15,2

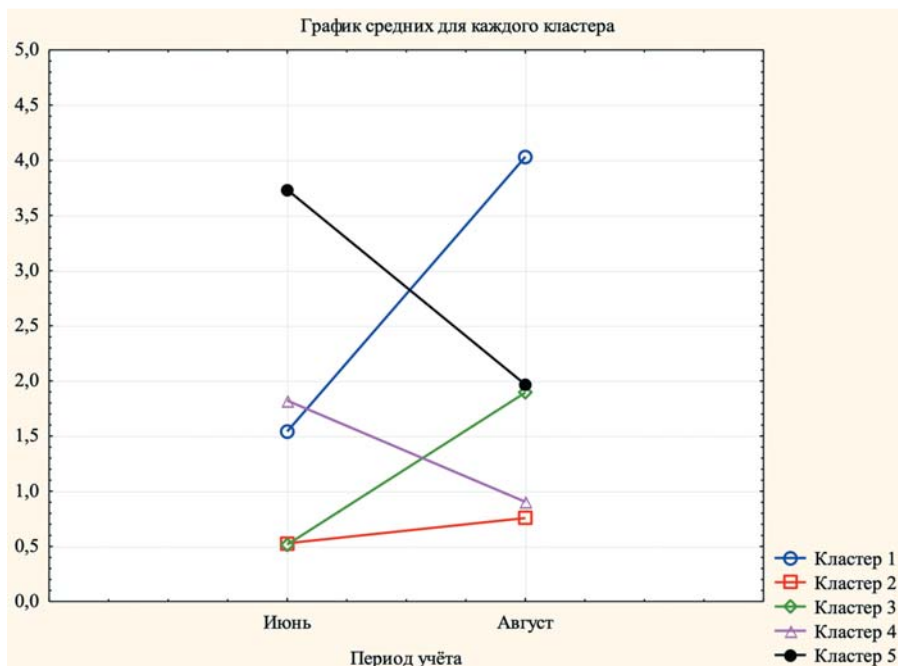


Рис. Результаты кластерного анализа устойчивости к антракнозу сортов земляники садовой на основе метода k-средних, 2024 г.
Fig. Results of cluster analysis of strawberry anthracnose resistance based on the k-means method, 2024

% сортов земляники садовой, среди них сорта Татиус и Тарро, созданные в УО БГСХА на кафедре плодовоовощеводства. Маркер STSRca2_240 без маркера STSRca2_417 был отмечен у 11,7% сортов. Наибольшее количество сортов – 53,8%, характеризовались отсутствием в генотипах маркера STSRca2_240 и проявлением маркера STSRca2_417. Отсутствие обоих маркеров было отмечено у 19,3% сортов.

Использовали два способа оценки сортов земляники садовой на устойчивость к антракнозу: на естественном инфекционном фоне и с помощью ДНК-анализа. На основе сравнительного анализа полученных результатов были выделены две группы сортов – относительно устойчивые и восприимчивые (табл. 3). К относительно устойчивым сортам отнесли те, которые в полевых условиях имели поражение антракнозом не выше 1 балла и характеризовались наличием одного или

обоих маркеров устойчивости к антракнозу. В эту группу вошли следующие 64 сорта: Сюзи –/+, Ремонтантная розовая +/+, Талия –/+, Олимпия –/+, Готика –/+, Гигантелла Максима –/+, Онега –/+, Найдена добрая +/–, Кармен –/+, Дивная +/–, Холидей +/+, Викода –/+, Купчиха улучшенная +/+, Садовый рубин +/+, Фронтерас –/+, Торпеда –/+, Рания +/+, Камароза +/–, Дестини –/+, Вента –/+, Лия –/+, Текла –/+, Кори –/+, Кимберли –/+, Татиус +/+, Веснянка +/–, Тарро +/+, Фестивальная ромашка –/+, Мишутка +/–, Красный берег +/–, Кама +/–, Загадка –/+, Сириус –/+, Набила +/+, Джоли –/+, Марисоль +/–, Сударушка +/–, Априка +/–, Вима Тарда –/+, Осирис –/+, Кент –/+, Лаура +/+, Магнус –/+, Мальвина +/+, Витязь –/+, Вима Занта –/+, Талка +/–, Польшвина –/+, Аргентера –/+, Петалума +/+, Элиани +/–, Элли +/–, Фламиния +/–, Сирия +/+, Фейерверк –/+, Гармония –/+,

Таблица 2. Структура коллекции земляники садовой по наличию маркеров устойчивости к антракнозу
Table 2. Structure of the strawberries collection by the presence of anthracnose resistance markers

Наличие (+), отсутствие (–) маркера	Удельный вес, %	Распределение сортов по кластерам
Rca2_240+ Rca2_417+	15,2	1 – Викториана, Вирена, Эви 2, Ренессанс, Дали; 2 – Мальвина, Ремонтантная розовая, Лаура, Тарро, Царскосельская, Холидей, Купчиха улучшенная, Сирия, Садовый Рубин, Рания, Петалума, Набила, Татиус; 3 – Тельма, Роксана, Наяд, Жемчужница; 4 – Вима Рина, Крапо 10, Сибилла, Гренада; 5 – Росинка, Эльвира
Rca2_240+ Rca2_417–	11,7	1 – нет; 2 – Талка, Мишутка, Красный берег, Дивная, Найдена добрая, Кама, Сударушка, Веснянка, Элиани, Элли, Априка, Камароза, Фламиния, Марисоль; 3 – Кокинская ранняя, Спасская, Тетис; 4 – Эвита, Боровицкая, Орли; 5 – Багряная, Сладкая Анна, Флорида Фестиваль
Rca2_240– Rca2_417+	53,8	1 – Полка, Анаис, Осенняя радость, Гора Эверест, Славутич, Брилла, Синсерли, Мурано, Эми, ВР4, Фернандо; 2 – Богота, Elsanta, Флоранс, Сириус, Кент, Кармен, Вента, Фейерверк, Витязь, Вима Тарда, Торпеда, Сюзи, Загадка, Фестивальная ромашка, Викода, Онега, Гигантелла максима, Фронтерас, Корри, Талия, Магнус, Вима Занта, Пегасус, Олимпия, Фраголория, Гармония, Польшвина, Осирис, Джоли, Мадлен, Моллинг Столетие, Кимберли, Лия, Аргентера, Дестини, Текла, Готика, Бьянка Фрагола №5, Примела; 3 – Маришка, Маэстро, Хоней, Кембридж, Остара, Онда, Вырицкая, Вега, Сандра, Студенческая, Хику, Гаригуэтта, Моллинг Аллюр, Антеа, Сизоже, Купчиха, Верити, Кристина, Вивара, Ева, Альба, Соната, Джоника, Клери, Королева Элиза, Кандис; 4 – Флорида, Тенира, Царица, Классика, Фаворит, Торос, Прими, Гелеос, Присвята, Кокинская заря, Гаригуэтта, Азия, Арабелла, Фейт, Нанди, Квики, Скала; 5 – Сюрприз Олимпиаде, Зенга Зенгана, Лорд, Красавица, Ирма, Мармолада, Лакомка, Рубиновый кулон, Фестивальная, Сапоре, Дели, Тея, Шарлотта
Rca2_240– Rca2_417–	19,3	1 – Хансалолла, Румба, Хадемар; 2 – Барокко, Полли, Ударница, Троицкая, Элькат, Натали, Сенди, Лималексия, Соловушка, Фламинго, Любава, Челси, Пальмерита, Фенелла, Флавия, Венди; 3 – Сенсация, Маригет, Аллегро, Женева, Московский деликатес, Принцесса Диана, Слононок, Чендлер, Эверли; 4 – Джемил, Дукат, Елизавета II, Заря, Красная капелка, Люция, Юния Смайдс; 5 – Вима Ксима, Дачница, Корона

Флоранс –/+, Мадлен –/+, Царкосельская +/+, Моллинг столетие –/+, Бьянка Фрагола №5 –/+, Фраголория –/+, Примела –/+. Среди них можно отметить сорта, имеющие в своем геноме оба маркера (STSRca2_240 и STS-Rca2_417): Ремонтантная розовая, Холидей, Купчиха улучшенная, Садовый рубин, Рания, Татиус, Тарро, Набила, Лаура, Мальвина, Петалума, Сирия, Царкосельская.

Восприимчивые – сорта, пораженные патогеном более, чем на 1 балл и не имеющие в своем геноме маркеров STS-Rca2_240 и STS-Rca2_417: Вима Ксима –/–, Дачница –/–, Корона –/–, Румба –/–, Хадемар –/–, Хансалола –/–.

Заключение

В селекции на устойчивость к антракнозу земляники садовой, вызываемому патогенным грибом *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds, целесообразно использовать сорта, которые на естественном инфекционном фоне имели балл

поражения до 1 и имеющие в своем геноме маркеры, ассоциированные с геном устойчивости к антракнозу STS-Rca2_240 и STS-Rca2_417: Ремонтантная розовая, Холидей, Купчиха улучшенная, Садовый рубин, Рания, Татиус, Тарро, Набила, Лаура, Мальвина, Петалума, Сирия, Царкосельская.

Однако, учитывая результаты проведенных исследований, нельзя достоверно сделать заключение, что наличие в геноме образца земляники обоих изученных маркеров обеспечивает устойчивость к антракнозу.

В связи с этим, необходимо продолжать изучать особенности генетического контроля устойчивости земляники садовой к антракнозу и разрабатывать на этой основе новые генетические маркеры для использования в МАС. Важным также является совершенствование методов оценки устойчивости к антракнозу на ранних этапах развития гибридных сеянцев на инфекционных фонах.

• Литература

1. Baroncelli R., Talhinhos P., Pensec F., Sukno S.A., Gaetan le F., Thon M.R. The *Colletotrichum acutatum* species complex as a model system to study evolution and host specialization in plant pathogens. *Frontiers in Microbiology*. 2017;(8):2001. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02001>
2. Forcelini B. B., Gonçalves F. P., Peres N. A. Effect of inoculum concentration and interrupted wetness duration on the development of anthracnose fruit rot of strawberry. *Plant disease*. 2017;2(101):372–377. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-16-1175-RE>
3. Скрипка О.В., Дудченко И.П., Никифоров С.В., Копина М.Б. Антракноз *Colletotrichum acutatum* Simmonds – опасное заболевание земляники. *Карантин растений. Наука и практика*. 2014;4(10):24–35. <https://elibrary.ru/vkbszj>
4. Пугачёв Р.М., Пугачева И.Г. Купцов В.Н., Камедько Т.Н. Морфологические особенности фитопатогенных грибов земляники садовой на различных питательных средах. *Земледелие и защита растений*. 2015;6(103):30–33.
5. Камедько Т.Н. Результаты оценки различных методов искусственного заражения семян земляники садовой антракнозом (*Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds). *Вестник Бел. гос. с.-х. акад.* 2017;(3):81–84. <https://elibrary.ru/zmmfeb>
6. Lerceteau-Köhler E., Guerin G., Denoyes-Rothan B. Identification of SCAR markers linked to Rca2 anthracnose resistance gene and their assessment in strawberry germplasm. *Theoretical and applied genetics*. 2005;5(111):862–870.
7. Staňková B., Vichová J., Pokorný R. Virulence of *Colletotrichum acutatum* isolates to several host plants. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2011;3(20)161–169.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала : сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем исслед. в АПК НАН Беларуси; рук. разработ.: В. Г. Гусаков [и др.]. - Минск : Беларус. навука, 2010. 520 с.
9. Пугачёв Р.М., Пугачева И.Г. Камедько Т.Н., Купцов В.Н., Сандалова М.В. Методические рекомендации по проведению экспедиционного обследования насаждений земляники садовой. Горки: БГСХА; 2017.

• References

1. Baroncelli R., Talhinhos P., Pensec F., Sukno S.A., Gaetan le F., Thon M.R. The *Colletotrichum acutatum* species complex as a model system to study evolution and host specialization in plant pathogens. *Frontiers in Microbiology*. 2017;(8):2001. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02001>
2. Forcelini B. B., Gonçalves F. P., Peres N. A. Effect of inoculum concentration and interrupted wetness duration on the development of anthracnose fruit rot of strawberry. *Plant disease*. 2017;2(101):372–377. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-16-1175-RE>
3. Skripka O.V., Dudchenko I.P., Nikiforov S.V., Kopina M.B. Anthracnose *Colletotrichum acutatum* Simmonds is a dangerous disease of strawberries. *Plant health. Research and practice*. 2014;4(10):24–35. (In Russ.) <https://elibrary.ru/vkbszj>
4. Puhachov R.M., Puhachova I.G., Kupczov V.N., Kamedzko T.N. Morphological features of phytopathogenic fungi of strawberries on various nutrient media. *Agriculture and plant protection*. 2015;6(103):30–33. (In Russ.)
5. Kamedko T.N. Results of estimation of different methods of artificial contamination of garden strawberry seeds with anthracnose (*Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds). *Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*. 2017;(3):81–84. (In Russ.) <https://elibrary.ru/zmmfeb>
6. Lerceteau-Köhler E., Guerin G., Denoyes-Rothan B. Identification of SCAR markers linked to Rca2 anthracnose resistance gene and their assessment in strawberry germplasm. *Theoretical and applied genetics*. 2005;5(111):862–870.
7. Staňková B., Vichová J., Pokorný R. Virulence of *Colletotrichum acutatum* isolates to several host plants. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2011;3(20)161–169.
8. Organizational and technological standards for the cultivation of vegetable, fruit, and berry crops and growing of planting material: collection of industry regulations / National Academy of Sciences of Belarus, Institute of Research Systems in the Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus; head developer: V. G. Gusakov [et al.]. Minsk: Belarusian Science, 2010. 520 p. (In Russ.)
9. Puhachov R.M., Puhachova I.G., Kamedzko T.N., Kupczov V.N., Sandalova M.V. Methodological recommendations for conducting an expeditionary survey of strawberry plantings. Goriki: BSAA, 2017. (In Russ.)

Об авторах:

Татьяна Николаевна Камедько – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры плодовоовощеводства Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, SPIN-код: 5009-8054, автор для переписки, t.kamedko@yandex.by
Роман Михайлович Пугачёв – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры плодовоовощеводства Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, SPIN-код: 8980-9461, <https://orcid.org/0000-0002-0194-317X>, puhrom@yandex.by
Владимир Владимирович Скорина – доктор с.-х. наук, профессор кафедры плодовоовощеводства Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, SPIN-код: 1772-1712, skorina@list.ru

About the Authors:

Tatsiana N. Kamedzko – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Belarusian State Agricultural Academy, SPIN-code: 5009-8054, Correspondence Author, t.kamedko@yandex.by
Roman M. Puhachov – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Horticulture, Belarusian State Agricultural Academy, SPIN-code: 8980-9461, <https://orcid.org/0000-0002-0194-317X>, puhrom@yandex.by
Vladimir V. Skorina – Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Department of Horticulture, Belarusian State Agricultural Academy, SPIN-code: 1772-1712, skorina@list.ru