

УДК 634.75:577.214. 32

Скрининг сортов земляники садовой селекции Свердловской селекционной станции садоводства на наличие локуса резистентности *08 To-f*

А.В. Худякова¹, М.Г. Маркова¹ , Е.Ю. Невоструева²

¹ФГБНУ «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», 426067, ул. Т. Барамзиной, 34, г. Ижевск, Российская Федерация, udnc@udman.ru

²Свердловская селекционная станция садоводства – структурное подразделение ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», 620142, ул. Белинского, 112а, г. Екатеринбург, Российская Федерация, info@urfanic.ru

Аннотация

Выведение сортов земляники с генетическими детерминантами устойчивости к грибным патогенам является приоритетным направлением в современной селекции. Целью данного исследования являлось выявление локуса резистентности у 11 сортообразцов земляники садовой селекции Свердловской селекционной станции садоводства к мучнистой росе (*08 To-f*) с использованием ДНК-маркеров. Для выявления локуса устойчивости использовали сцепленный с ним доминантный диагностический ДНК-маркер IB535110, контроль протекания ПЦР проводили с использованием маркера EMFv020. В качестве положительного контроля, обладающего QTL *08 To-f*, использовали сорт Malwina. В результате молекулярно-генетического скрининга QTL *08 To-f* выявлен у двух сортообразцов коллекции – сорта Дуэт и элитной формы Италмас, которые будут использованы нами в селекционной программе получения устойчивых к мучнистой росе сортов земляники садовой.

Ключевые слова: *Fragaria* × *ananassa*, мучнистая роса, устойчивость, ДНК-маркеры, полимеразная цепная реакция

Screening of strawberry cultivars bred by Sverdlovsk Horticultural Breeding Station for the presence of *08 To-f* loci of resistance

A.V. Khudyakova¹, M.G. Markova¹ , E.Yu. Nevosttrueva²

¹Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 426067, T. Baramzina str., 34, Izhevsk, Russian Federation, udnc@udman.ru

²Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science, Belinskogo Street, 112a, Ekaterinburg, Russia, 620142, info@urfanic.ru

Abstract

The development of strawberry cultivars with genetic determinants of resistance to fungal pathogens is a priority in modern breeding. The aim of the research was to identify the *08 To-f* locus of resistance to powdery mildew in 11 strawberry cultivars of the Sverdlovsk Horticultural Breeding Station using DNA-markers. To identify the resistance locus, the dominant diagnostic DNA marker IB535110 was used, and the PCR process was controlled using the marker EMFv020. 'Malwina' was used as a positive control with QTL *08 To-f*. As a result of molecular genetic screening, QTL *08 To-f* was identified in two cultivars of the collection: 'Duet' and 'Italmas', these cultivars will be used in our breeding program to obtain powdery mildew-resistant cultivars.

Key words: *Fragaria* × *ananassa*, powdery mildew, resistance, DNA-markers, polymerase chain reaction

Введение

Земляника садовая (*Fragaria × ananassa* Duch.) одна из популярных ягодных культур, широко возделываемая в Среднем Предуралье. Ценными качествами данной культуры являются скороспелость, ранний срок созревания, лечебные и диетические свойства её ягод (Марченко, 2021; Макаренко и др., 2022). Но к одним из негативных относится её поражаемость болезнями, приводящими или к гибели растения, или к значимому снижению урожайности и рентабельности возделывания культуры. Одна из распространённых болезней земляники – мучнистая роса, возбудителем которой является гриб *Sphaerotheca macularis* Mag., поражающий ткани практически всех наземных органов данного растения. В результате заражения снижается интенсивность фотосинтеза и усвоение углекислого газа, деформируются и прекращают рост ягоды. Эпифитотия мучнистой росы может привести к потере от 20% до 70% урожая ежегодно (Лыжин, Лукьянчук, 2024с; Lynn et al., 2024). Большинство промышленных сортов неустойчивы к данному заболеванию и требуется использование защитных мероприятий в виде неоднократных опрыскиваний насаждений фунгицидами, что увеличивает нагрузку на экологическую обстановку регионов возделывания (Duan et al., 2022). Поэтому выведение устойчивых сортов земляники является приоритетным направлением в современной селекции (Рахмангулов и др., 2022; Храбров и др., 2019; Keldibekova et al., 2024). В последнее время в связи с развитием генетики всё большее применение в селекционной работе находят методы маркер-ориентированной селекции (Marker assisted selection, MAS). Использование ДНК-маркеров позволяет сократить срок создания нового сорта, сэкономить трудовые, финансовые и энергетических ресурсы (Дейнеко, 2024; Куликов и др., 2021; Лыжин, Лукьянчук, 2024б).

Для выявления генетически обусловленной устойчивости к мучнистой росе на землянике садовой используется молекулярно-генетический анализ, проводимый по локусу *08 To-f*, с разработанными для него двумя диагностическими ДНК-маркерами: IB535110 и IB533828 (Лыжин, Лукьянчук, 2024а; Лыжин, Лукьянчук, 2024с; Храбров и др., 2019).

Цель исследований – скрининг сортов земляники садовой селекции Свердловской селекционной станции садоводства с использованием ДНК-маркера, сцепленного с локусом резистентности к мучнистой росе *08 To-f*.

Научная новизна – изучено распространение QTL *08 To-f* среди сортов свердловской селекции, представленных в коллекции земляники садовой отдела интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦ УрО РАН. Сорта с генетическими детерминантами устойчивости могут вовлекаться в селекционный процесс для выведения новых сортов *Fragaria × ananassa* Duch.

Материалы и методы

В 2024 году создана генетическая коллекция земляники садовой на базе отдела интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦ УРО РАН.

Объектами исследования были 11 сортообразцов земляники садовой свердловской селекции (таблица 1).

Регионы допуска – Северо-Западный (2), Центральный (3), Волго-Вятский (4), Уральский (9), Западно-Сибирский (10), Восточно-Сибирский (11), Дальневосточный (12).

Тотальную ДНК выделяли с использованием набора «МагноПрайм® ФИТО» согласно инструкции производителя (ООО «НекстБио», Москва) из молодых листовых пластинок земляники.

Выявление QTL *08 To-f* проводили с использованием доминантного ДНК-маркера IB535110, контроль протекания ПЦР – маркера EMFv020 (таблица 2). Праймеры были синтезированы ЗАО «Синтол» (Москва).

Таблица 1 – Анализируемые сорта земляники садовой

Сорт	Статус сортообразца	Исходные формы	Регион допуска
Акварель	Госреестр	Арника × Горноуктусская	4
Алтын	Госреестр	Соловушка × Marmolada	
Бова	элитная форма	Арника × Торпеда	
Виола	Госреестр	Zefyr × Фестивальная	4
Даренка	Госреестр	Фестивальная × Русановка	3, 4, 10, 11
Дуэт	Госреестр	Талка × Ostara	4, 10
Италмас	элитная форма	Фестивальная × Stoplight	
Орлец	Госреестр	Заря × Stoplight	2, 4, 9, 10, 12
Торпеда	Госреестр	Фестивальная × Robinson	4, 11
Форсаж	Госреестр	Соловушка × Totem	4
Ярославна	элитная форма	Дуэт × Десна	

Таблица 2 – Характеристика ДНК-маркеров, используемых для скрининга коллекции

Признак	Локус	Маркер	Последовательность праймеров 5'→3'	Продукт, пн
Устойчивость к мучнистой росе	08 To-f	IB535110	F acacatatatgaatcggagcca R gctcaagatgctcaatcgaa	около 500
Контроль ПЦР	–	EMFv020	F caggcgccaacggcgtgctctgt R cagcgccgcccagctcatccctagg	154

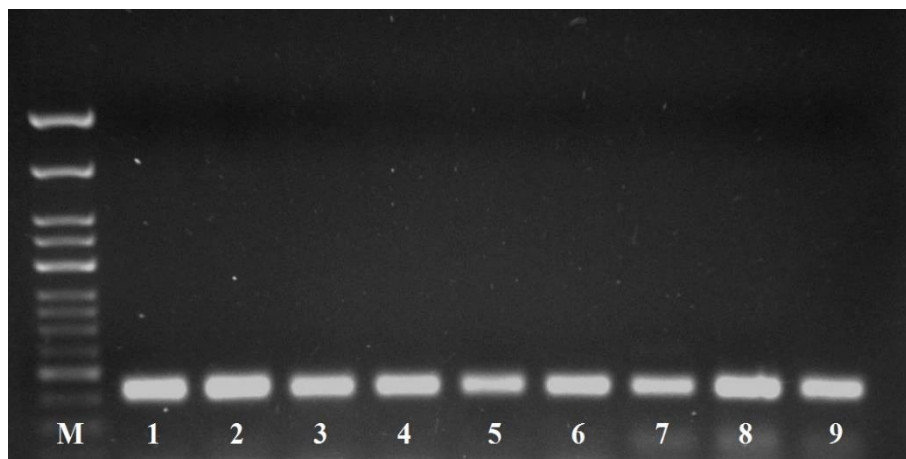
Полимеразную цепную реакцию проводили с использованием готовой 2,5х реакционной смеси (ЗАО «Синтол», Москва) в общем объеме 25 мкл на амплификаторе Trident 960 (HealForce, Китай) по описанным авторами программ (Haddonou et al., 2004; Koishihara et al., 2020). Для маркера IB535110 начальная денатурация составляла 94°C – 1 мин, затем 35 циклов: 94°C – 30 с, 60°C – 45 с, 72°C – 1 мин; финальная элонгация: 72°C – 5 мин. Для маркера EMFv020 начальная денатурация составляла 95°C – 3 мин, затем 35 циклов: 95°C – 50 с, 64°C – 50 с, 72°C – 1 мин, финальная элонгация: 72°C – 5 мин.

Продукты ПЦР анализировали методом электрофореза в 1,7% агарозном геле в трис-боратном буфере с последующим окрашиванием бромидом этидия. Результаты документировали с помощью системы визуализации гелей MaXidocG2 (DAIHANScientific, Китай). Для оценки молекулярной массы фрагментов использовали ДНК-маркер Step50 plus (ООО «Биолабмикс», Новосибирск).

Результаты и их обсуждение

Для определения пригодности экстрагированной ДНК для ПЦР диагностики проводили амплификацию с маркером EMFv020, при использовании которого у представителей *Fragaria L.* должны амплифицироваться фрагменты ДНК размером 154 п.н. (Haddonou et al., 2004). Среди 11 изучаемых генотипов фрагменты соответствующего размера были получены для всех образцов (рисунок 1).

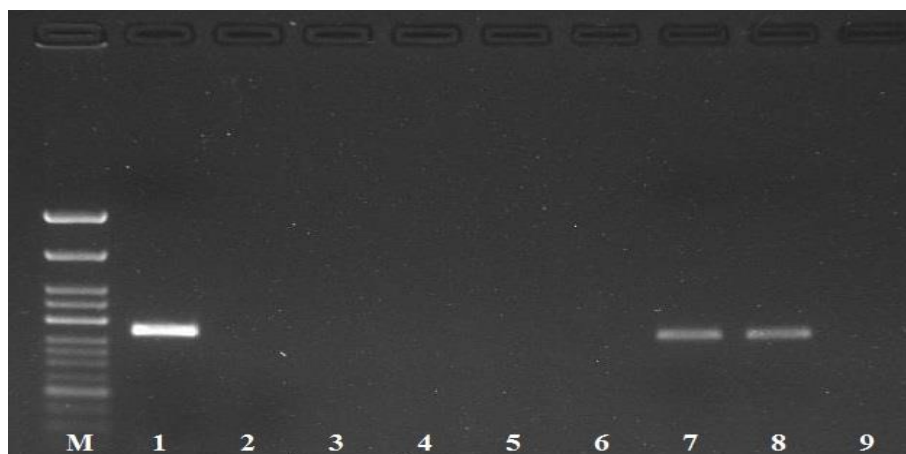
Для выявления локуса устойчивости сортообразцов земляники садовой к мучнистой росе проводили амплификацию с маркером IB535110.



М – маркер молекулярного веса, 1 – Акварель, 2 – Алтын, 3 – Бова, 4 – Виола, 5 – Даренка, 6 – Дуэт, 7 – Италмас, 8 – Орлец, 9 – Торпеда

Рисунок 1 – Электрофоретический профиль образцов ДНК с маркером EMFv020

В качестве положительного контроля, обладающего QTL 08 To-f, использовали сорт Malwina. Искомый фрагмент среди анализируемых генотипов выявлен у сорта Дуэт и элитной формы Италмас, что составило 18,2% от изучаемых форм (рисунок 2).



М – маркер молекулярного веса, 1 – Malwina, 2 – Акварель, 3 – Алтын, 4 – Бова, 5 – Виола, 6 – Даренка, 7 – Дуэт, 8 – Италмас, 9 – Торпеда

Рисунок 2 – Электрофоретический профиль маркера IB535110 генотипов земляники садовой

Авторы Лыжин А.С. и Лукьянчук И.В. в своих работах отмечали похожую частоту встречаемости маркера IB535110 в изучаемых выборках – 19,1% и 23,2% (Лыжин, Лукьянчук, 2024а; Лыжин, Лукьянчук, 2024б). Сорт Торпеда, по их данным, также характеризовался отсутствием соответствующего ДНК-маркера (Лыжин, Лукьянчук, 2024с).

Сорт Дуэт раннего срока созревания, получен от скрещивания сортов Талка и Ostara. Отличается высокими зимостойкостью и урожайностью (193 г/куст), обладает повышенными товарными и потребительскими качествами ягод, слабо поражается пятнистостями листьев (Невоструева, Багмет, 2024).

Выделенная элитная форма Италмас от скрещивания сортов Фестивальная и Stoplight имеет хорошую зимостойкость, высокую урожайность (343 г/куст), транспортабельность ягод, слабо поражается пятнистостями листьев (Макаренко и др., 2022).

Выводы

Проведён молекулярно-генетический скрининг 11 сортов земляники садовой свердловской селекции, имеющих в коллекции земляники Отдела интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦ УрО РАН, на наличие локусов резистентности к мучнистой росе. Среди изучаемых сортов QTL *08 To-f* выявлен у сорта Дуэт и элитной формы Италмас. Данные сортообразцы могут быть использованы в селекционной работе в качестве источника устойчивости к мучнистой росе.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственных заданий «Разработка научных основ культивирования плодово-ягодных и декоративных культур с применением биотехнологических и молекулярно-генетических методов для обеспечения потребностей Среднего Предуралья в качественном посадочном материале» (FUUE-2024-0012) и «Создание конкурентоспособных, высокоурожайных сортов зерновых, зернобобовых, кормовых, плодово-ягодных культур и картофеля мирового уровня на основе перспективных генетических ресурсов, устойчивых к био- и абиотическим факторам» (0532-2021-0008).

Funding

The research was carried out under the support of the Ministry of Science of the Russian Federation within the state assignment of the «Development of scientific foundations for the cultivation of fruit and berry and ornamental crops using biotechnological and molecular genetic methods to meet the needs of the Middle Urals in high-quality planting material» (FUUE-2024-0012) and «Creation of competitive, high-yielding varieties of grain, legume, fodder, fruit and berry crops, and world-class potatoes based on promising genetic resources that are resistant to bio- and abiotic factors» (0532-2021-0008).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the author stated that there was no conflict of interest.

Литература

1. Дейнеко Е.В. Модификация генома растений методами генетической инженерии: направления и пути развития // Физиология растений. 2024. 71, 5. 487-501. <https://doi.org/10.31857/S0015330324050017>
2. Куликов И.М., Евдокименко С.Н., Тумаева Т.А., Келина А.В., Сазонов Ф.Ф., Андропова Н.В., Подгаецкий М.А. Научное обеспечение ягодоводства России и перспективы его развития // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. 25, 4. 414-419. <https://doi.org/10.18699/VJ21.046>
3. Лыжин А.С., Лукьянчук И.В. Молекулярный скрининг образцов земляники генетической коллекции «ФНЦ им. И.В. Мичурина» по локусу *08 To-f* устойчивости к мучнистой росе // Таврический вестник аграрной науки. 2024а. 1, 37. 103-111. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10926231>
4. Лыжин А.С., Лукьянчук И.В. Молекулярный скрининг аллелей резистентности *08 To-f*, *Rca2* и *Rpf1* в гибридном потомстве земляники садовой для идентификации форм с комплексной устойчивостью к грибным патогенам // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2024б. 10, 2. 105-110. <https://doi.org/10.18699/letvjgb-2024-10-12>

5. Лыжин А.С., Лукьянчук И.В. Изучение генетической коллекции земляники (*Fragaria* L.) по устойчивости к мучнистой росе // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2024с. 28, 2. 166-174. <https://doi.org/10.18699/vjgb-24-19>
6. Марченко Л.А. Методы и способы исследований для решения задач селекции земляники садовой (аналитический обзор) // Вестник КрасГАУ. 2021. 9. 59-68. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-9-59-68>
7. Макаренко С. А., Савин Е. З., Ильин В. С., Котов Л. А., Слепнева Т. Н., Чеботок Е. М., Тарасова Г. Н., Невоструева Е. Ю., Евтушенко Н. С., Фазлиахметов Х. Н., Мережко О. Е., Гасымов Ф. М. Исакова М. Г., Тележинский Д. Д., Лёзин М. С., Нигматзянов Р. А., Старцева Н. Ю., Тихонова М. А., Богданова И. И., Иванова Е. А. Помология Урала: сорта плодовых, ягодных культур и винограда. М.: Наука, 2022. 278. <https://elibrary.ru/eqlqgu>
8. Невоструева Е.Ю., Багмет Л.В. Номенклатурные стандарты сортов земляники селекции Свердловской селекционной станции садоводства // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. 25, 5. 846-854. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.846-854>
9. Рахмангулов Р.С., Барабанов И.В., Ерастенкова М.В., Иванов А.А., Коваленко Т.М., Межина К.М., Петросян И.А., Харченко А.А., Шаймарданов Д.Ю., Шаймарданова Э.Х., Анисимова И.Н., Тихонова Н.Г., Ухатова Ю.В., Хлесткина Е.К. Новые направления в генетике, селекции, биотехнологии декоративных и ягодных культур в ВИР им. Н.И. Вавилова // Биотехнология и селекция растений. 2022. 5, 4. 65-78. <https://elibrary.ru/grlnfu>
10. Храбров И.Э., Антонова О.Ю., Шаповалов М.И., Семёнова Л.Г. Устойчивость земляники к основным грибным фитопатогенам: R-гены и их ДНК-маркеры // Биотехнология и селекция растений. 2019. 2, 3. 30-40. <https://elibrary.ru/zaklpl>
11. Duan W., Peng L., Jiang J., Zhang H., Tong G. Combined transcriptome and metabolome analysis of strawberry fruits in response to powdery mildew infection // Agronomy Journal. 2022. 114, 2. 1027-1039. <https://doi.org/10.1002/agj2.21026>
12. Hadonou A.M, Sargent D.J, Wilson F, James C.M, Simpson D.W. Development of microsatellite markers in *Fragaria*, their use in genetic diversity analysis, and their potential for genetic linkage mapping // Genome. 2004. 47, 3. 429-438. <https://doi.org/10.1139/g03-142>
13. Keldibekova M., Bezlepina E., Zubkova M., Dolzhikova M. DNA-screening of strawberry cultivars and hybrids (*Fragaria ananassa* Duch.) for resistance to fungal disease // Pakistan Journal of Botany. 2024. 56, 2. 751-757. [https://doi.org/10.30848/PJB2024-2\(29\)](https://doi.org/10.30848/PJB2024-2(29))
14. Koishihara H., Enoki H., Muramatsu M., Nishimura S., Susumu Y.U.I., Honjo M. Patent №. US10724093 Marker associated with powdery mildew resistance in plant of genus *Fragaria* and use thereof // Google Patents. 2020. <https://patents.google.com/patent/US10724093B2/en>
15. Lynn S.C., Dunwell J.M., Whitehouse A.B., Cockerton H.M. Genetic loci associated with tissue-specific resistance to powdery mildew in octoploid strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) // Frontiers in Plant Science. 2024. 15. 1376061. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1376061>

References

1. Deyneko, E.V. (2024). Modification of plant genomes by genetic engineering methods: directions and ways of development. *Russian journal of plant physiology*, 71(5), 487-501. <https://doi.org/10.31857/S0015330324050017>. (In Russian).
2. Kulikov, I.M., Evdokimenko, S.N., Tumaeva, T.A., Kelina, A.V., Sazonov, F.F., Andronova, N.V., & Podgaetsky, M.A. (2021). Scientific support of small fruit growing in Russia and prospects for its development. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 25(4), 414-419. <https://doi.org/10.18699/VJ21.046>. (In Russian, English abstract).
3. Lyzhin, A.S., & Luk'yanchuk I.V. (2024). Molecular screening of strawberry accessions from the "I.V. Michurin FSC" genetic collection by 08 To-f powdery mildew resistance locus. *Taurida*

- Herald of the Agrarian Sciences*, 1(37), 103-111. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10926231>. (In Russian, English abstract).
4. Lyzhin, A.S., & Luk'yanchuk, I.V. (2024). Molecular screening of resistance alleles *08 To-f*, *Rca2* and *Rpf1* in strawberry hybrid progeny for identify forms with complex resistance to fungal pathogens. *Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 10(2), 105-110. <https://doi.org/10.18699/letvjgb-2024-10-12>. (In Russian, English abstract).
 5. Lyzhin, A.S., & Luk'yanchuk, I.V. (2024). Study of a genetic collection of strawberry (*Fragaria* L.) for resistance to powdery mildew. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 28(2), 166-174. <https://doi.org/10.18699/vjgb-24-19>. (In Russian, English abstract).
 6. Marchenko, L.A. (2021). Research methods and ways in strawberry breeding problems solution (analytical review). *Bulletin of KSAU*, 9, 59-68. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-9-59-68>. (In Russian, English abstract).
 7. Makarenko, S.A., Savin, E.Z., Ilyin, V.S., Kotov, L.A., Slepneva, T.N., Chebotok, E.M., Tarasova, G.N., Nevostrueva, E.Yu., Yevtushenko, N.S., Fazliakhmetov, H.N., Merezhko, O.E., Gasymov, F.M. Isakova, M.G., Telozhinsky, D.D., Lezin, M.S., Nigmatzyanov, R.A., Startseva, N.Yu., Tikhonova, M.A., Bogdanova, I.I., & Ivanova, E.A. (2022). *Pomology of the Urals: Varieties of Fruit, Berry Crops and Grapes*. Nauka. <https://elibrary.ru/eqllqgu>. (In Russian).
 8. Nevostrueva, E.Yu., & Bagmet, L.V. (2024). Nomenclatural standards of strawberry cultivars bred by Sverdlovsk Horticultural Breeding Station. *Agricultural Science Euro-North-East*, 25(5), 846-854. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.846-854>. (In Russian, English abstract).
 9. Rakhmangulov, R.S., Barabanov, I.V., Erastenkova, M.V., Ivanov, A.A., Kovalenko, T.V., Mezhdina, K.M., Petrosyan, I.A., Kharchenko, A.A., Shaimardanov, D.Yu., Shaimardanova, E.Kh., Anisimova, I.N., Tikhonova, N.G., Ukhatova, Yu.V., & Khlestkina, E.K. (2022). The new directions in genetics, breeding and biotechnology of ornamental and berry crops in the N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR). *Plant Biotechnology and Breeding*, 5(4), 65-78. <https://elibrary.ru/grlnfu>. (In Russian, English abstract).
 10. Khrabrov, I.E., Antonova, O.Yu., Shapovalov, M.I., & Semenova, L.G. (2019). Strawberry resistance to the major fungal phytopathogens: *R*-genes and their DNA markers. *Plant Biotechnology and Breeding*, 2(3), 30-40. <https://elibrary.ru/zaklpl>. (In Russian, English abstract).
 11. Duan, W., Peng, L., Jiang, J., Zhang, H., & Tong, G. (2022). Combined transcriptome and metabolome analysis of strawberry fruits in response to powdery mildew infection. *Agronomy Journal*, 114(2), 1027-1039. <https://doi.org/10.1002/agj2.21026>
 12. Hadonou, A.M, Sargent, D.J, Wilson, F, James, C.M, & Simpson, D.W. (2024). Development of microsatellite markers in *Fragaria*, their use in genetic diversity analysis, and their potential for genetic linkage mapping. *Genome*, 47(3), 429-438. <https://doi.org/10.1139/g03-142>
 13. Keldibekova, M., Bezlepina, E., Zubkova, M., & Dolzhikova, M. (2024). DNA-screening of strawberry cultivars and hybrids (*Fragaria ananassa* Duch.) for resistance to fungal diseases. *Pakistan Journal of Botany*, 56(2), 751-757. [https://doi.org/10.30848/PJB2024-2\(29\)](https://doi.org/10.30848/PJB2024-2(29))
 14. Koishihara, H., Enoki, H., Muramatsu, M., Nishimura, S., Susumu, Y.U.I., & Honjo, M. (2020). Marker associated with powdery mildew resistance in plant of genus *Fragaria* and use thereof (Patent No. US10724093). <https://patents.google.com/patent/US10724093B2/en>
 15. Lynn, S.C., Dunwell, J.M., Whitehouse, A.B., & Cockerton, H.M. (2024). Genetic loci associated with tissue-specific resistance to powdery mildew in octoploid strawberry (*Fragaria* × *ananassa*). *Frontiers in Plant Science*, 15, 1376061. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1376061>

Авторы:

Анна Валерьевна Худякова, к.б.н., н.с. Отдела интродукции и акклиматизации растений ФГБНУ «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», a.khudyakova@udman.ru
ORCID: 0000-0002-0125-9335
SPIN: 5099-6563

Марина Геннадьевна Маркова, н.с. н.с. Отдела интродукции и акклиматизации растений ФГБНУ «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», markovamg@udman.ru
ORCID: 0000-0002-9427-6766
SPIN: 7481-8877

Елена Юрьевна Невоструева, к.с.-х.н., с.н.с. Свердловской ССР ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», sadovodnauka@mail.ru
ORCID: 0000-0001-5077-1258
SPIN: 2077-6728

Authors:

Anna Khudyakova, PhD in Biology, researcher of the Department of Plant Introduction and Acclimatization of the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, a.khudyakova@udman.ru
ORCID: 0000-0002-0125-9335
SPIN: 5099-6563

Marina Markova, Researcher of the Department of Plant Introduction and Acclimatization of the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, markovamg@udman.ru
ORCID: 0000-0002-9427-6766
SPIN: 7481-8877

Elena Nevostrueva, PhD in Agriculture Senior Researcher in The Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation, sadovodnauka@mail.ru
ORCID: 0000-0002-0125-9335
SPIN: 5099-6563

Отказ от ответственности: заявления, мнения и данные, содержащиеся в публикации, принадлежат исключительно авторам и соавторам. ФГБНУ ВНИИСПК и редакция журнала снимают с себя ответственность за любой ущерб людям и/или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в контенте.