

ISSN 2073-4948 (PRINT)

СБОРНИК НАУЧНЫХ РАБОТ

ПЛОДОВОДСТВО И ЯГОДОВОДСТВО РОССИИ

POMICULTURE & SMALL
FRUITS CULTURE IN RUSSIA

Том 75



12+

2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ СЕЛЕКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
САДОВОДСТВА И ПИТОМНИКОВОДСТВА»

ПЛОДОВОДСТВО И ЯГОДОВОДСТВО РОССИИ

СБОРНИК НАУЧНЫХ РАБОТ

Том 75

Москва



2023

УДК 634.1/7

ББК 42.3

П 39

П 39 Плодоводство и ягодоводство России: сборник научных работ. — М.: ФГБНУ ФНЦ Садоводства, 2023. — Т. 75. — 98 с.

В сборнике научных работ опубликованы результаты исследований, выполненных в научных учреждениях России и СНГ учеными по вопросам селекции, сортоизучения, физиологии, биотехнологии, питомниководства, защиты растений и др. в растениеводстве.

Издание рассчитано на научных работников, студентов вузов, аспирантов и специалистов садоводческих хозяйств.

Рекомендовано к публикации Ученым советом ФГБНУ ФНЦ Садоводства.

Сборник включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

При перепечатке материалов ссылка на сборник «Плодоводство и ягодоводство России» обязательна.

Ответственность за достоверность публикуемой информации несут авторы.

Издание включено в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Полный текст статей доступен (платный доступ) на сайте электронной научной библиотеки <http://elibrary.ru>

В. В. Спивак, мнс, аспирант,
ФГБНУ ФНЦ Садоводства, Россия, Москва
vl.spivak@mail.ru

ORCID: Спивак В. В. – 0000-0002-2845-4253

УДК 631.52

DOI: 10.31676/2073-4948-2023-75-7-15

САМОНЕСОВМЕСТИМОСТЬ ПОДРОДА *CERASUS* (MILL.) A.GRAY (ОБЗОР)

Реферат. Подбор опылителей при закладке насаждений в растениеводстве, и родительских пар при гибридизации в селекции, тесно связан с проблемой самонесовместимости. Результаты многочисленных исследований показывают, что самонесовместимость реализуется при помощи разнообразных биологических механизмов и направлена прежде всего на предотвращение инбридинга внутри популяции. Самонесовместимость у многих видов детерминируется одним S-локусом со множеством S-аллелей. При этом S-гаплотип сочетает мужские и женские детерминанты специфичности (S-детерминанты), а распознавание пыльцы происходит благодаря молекулярному аллель-специфическому взаимодействию между ними. У представителей рода *Prunus* самонесовместимость контролируется взаимодействием генов, принадлежащих локусу S, совокупность вариантов которого формирует конкретный S-гаплотип. Молекулярные методы S-генотипирования основываются на последовательностях генов S-PHКаз, которые позволяют идентифицировать S-аллели и классифицировать сорта относительно групп несовместимости. На сегодняшний день у вишни обыкновенной и черешни идентифицирован 31 S-гаплотип, причем некоторые из гаплотипов являются идентичными друг другу. У вишни обыкновенной описано 12 функциональных S-гаплотипов и 9 нефункциональных. Также были описаны 6 S-гаплотипов видовых форм данной культуры. К нарушению механизма самонесовместимости могут приводить мутации, возникающие не только в генах S-PHКазы и SFB, но и в участках, не связанных с S-локусом. Исследования по идентификации аллелей самонесовместимости представителей подрода *Cerasus* во многих случаях проводились на виде *P. avium* L. Формирование самонесовместимости тетраплоидных генотипов вишни обыкновенной обусловлено наличием мутаций в генах S-локуса, которые приводят к появлению нефункциональных S-гаплотипов. Самонесовместимость пыльцы у вишни обыкновенной возникает при условии соответствия одного полностью функционального S-аллеля в пыльце одному функциональному S-гаплотипу в пестике. В настоящее время продолжается изучение механизма самонесовместимости, проводится генотипирование

сортов вишни обыкновенной и черешни по S-локусам. Данные ДНК-анализа являются перспективными для прогнозирования уровня совместимости сортов при опылении и завязываемости плодов при гибридизации.

Ключевые слова: совместимость, вишня обыкновенная, черешня, S-RNКаза, SFB, молекулярные маркеры

Благодарности: Обзор проведен в ходе исследований, выполненных в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства № 0432–2022-0001 «Воспроизводство и сохранение ценных генотипов плодовых и ягодных культур методами новых биотехнологий»

Abstract. The selection of pollinators when planting plantings in crop production and parental pairs during hybridization in breeding is closely related to the problem of self-incompatibility. The results of numerous studies show that self-incompatibility is realized through a variety of biological mechanisms and is aimed primarily at preventing inbreeding within a population. Self-incompatibility in many species is determined by one S-locus with many S-alleles. In this case, the S-haplotype combines male and female specificity determinants (S-determinants), and pollen recognition occurs due to a molecular allele-specific interaction between them. In representatives of the genus *Prunus*, self-incompatibility is controlled by the interaction of genes belonging to the S locus, the combination of variants of which forms a specific S haplotype. Molecular S-genotyping methods are based on S-RNase gene sequences, which allow the identification of S-alleles and the classification of varieties with respect to incompatibility groups. To date, 31 S-haplotypes have been identified in sour cherries and sweet cherries, and some of the haplotypes are identical to each other. In sour cherry, 12 functional S-haplotypes and 9 non-functional ones have been described. 6 S-haplotypes of sour cherry species have also been described. Mutations that occur not only in the S-RNase and SFB genes, but also in regions not associated with the S-locus can lead to disruption of the self-incompatibility mechanism. Studies on the identification of self-incompatibility alleles of representatives of the *Cerasus* subgenus were in many cases carried out on the species *P. avium* L. The formation of self-(in)compatibility of tetraploid genotypes of sour cherry is due to the presence of mutations in the S-locus genes, which lead to the appearance of non-functional S-haplotypes. Self-incompatibility of pollen in sour cherry occurs when one fully functional S-allele in the pollen corresponds to one functional S-haplotype in the pistil. Currently, the study of the mechanism of self-incompatibility continues, and genotyping of sour cherry and sweet cherry varieties is carried out at S-loci. DNA analysis data is promising for predicting the level of compatibility of varieties during pollination and fruit set during hybridization.

Key words: self(in)compatibility, sour cherry, sweet cherry, S-RNase, SFB, molecular markers

Acknowledgments: The studies were carried out as part of implementing the state assignment No. 0432-2022-0001 of the Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery “Reproduction and Conservation of Valuable Genotypes of Fruit and Berry Crops Using New Biotechnology Methods”

Введение

Перекрёстное опыление предпочтительнее для видов с самонесовместимостью вследствие его эволюционного преимущества, позволяющего избегать инбредной депрессии и поддерживать высокий уровень разнообразия. Однако самонесовместимость генотипов может налагать ограничения на растениеводство и селекцию из-за сложностей с подбором опылителей при закладке промышленных насаждений и родительских пар для скрещиваний при гибридизации из-за несовместимости генотипов при опылении [1].

Явление самонесовместимости обнаружено примерно у 40 % видов цветковых растений, охватывающих 100 семейств [2]. У многих перекрёстноопыляемых видов самонесовместимость предотвращает инбридинг, способствуя ауткроссингу между разными особями в популяции. [3].

Традиционно выделяют два типа самонесовместимости: гаметофитную и спорофитную. При гаметофитной самонесовместимости гаплоидная пыльца сама определяет S-специфичность генотипа (например, у *Paraveraceae* Juss. и *Solanaceae* Juss.); напротив, при спорофитной самонесовместимости S-специфичность пыльцы определяет генотип диплоидных тканей (например, тапетум пыльника у *Brassicaceae* Burnett.) [3]. Для большинства видов семейства *Rosaceae* характерна гаметофитная система самонесовместимости [4].

Самонесовместимость контролируется одним S-локусом с множеством S-аллелей [5]. Каждый S-гаплотип несет в себе как мужские, так и женские детерминанты специфичности, обуславливающие прохождение реакции самонесовместимости (S-детерминанты). Идентификация собственной или чужеродной пыльцы растением становится возможной благодаря специфическому молекулярному взаимодействию между этими S-детерминантами [2, 6].

У представителей рода *Prunus* самонесовместимость контролируется взаимодействием генов, принадлежащих локусу S: ген рибонуклеазы (S-РНКазы) является детерминантой пестика [7-8], детерминантой пыльцы является ген F-бокса (белкового мотива, участвующего в убиквитин-опосредованном протеолизе), называемый SFB [9-10]. Все варианты локуса S называются S-гаплотипами [11].

Цель работы – систематизация и структурирование сведений из тематических научных источников, посвященных исследованию функционирования механизма самонесовместимости в генотипах вишни обыкновенной и черешни (подрод *Cerasus* (Mill.) A.Gray.) отечественного и зарубежного происхождения.

Материалы и методы исследований

Для аналитического обзора были использованы открытые источники, а также электронные научные библиотеки (eLibrary, Scopus, Google Scholar), содержащие информацию о проявлении механизма и способах идентификации её аллелей генотипов в подроде *Cerasus*.

Результаты и обсуждение

Детерминанты, определяющие явление самонесовместимости (ген S-РНКаза в пестике и SFB-ген пыльцы), взаимодействуют аллель-специфическим образом, приводя к возникновению реакции самонесовместимости: если пыльца несет аллель, совпадающий с аллелями пестика, её прорастание и рост пыльцевых трубок в этом пестике подавляется. Оплодотворение может произойти, если аллель SFB пыльцы принадлежит к другому S-гаплотипу по отношению к S-РНКазам, экспрессирующимся в пестике [11]. Ферментативная деградация РНК пыльцы с участием S-РНКаза приводит к ингибированию роста пыльцевой трубки, что имеет решающее значение для реакций несовместимости. Белок, кодируемый SFB участвует в полиубиквитинировании (посттрансляционной модификации белковых соединений, приводящей к их протеолитической деградации в протеасоме) [12] всех чужеродных S-РНКаза, а также обладает способностью к специфическому взаимодействию со своей собственной S-РНКазой, которое обеспечивает её защиту от деградации и способствует затем ингибированию роста пыльцевой трубки [13].

На основе комбинации S-аллелей определяются группы перекрестной несовместимости. Молекулярные методы S-генотипирования основываются на известных последовательностях S-РНКаза, позволяющих идентифицировать S-аллели и объединять сорта в группы несовместимости [14-15].

Пыльцевое зерно, несущее по крайней мере один функциональный S-гаплотип, соответствующий функциональному S-гаплотипу в пестике, будет отторгнуто [16]. Следовательно, в некоторых случаях S-генотипирование у этого вида не ограничивается идентификацией S-гаплотипов, но важно определить, является ли S-гаплотип мутантным относительно пыльцы или пестика.

На сегодняшний день у вишни обыкновенной и черешни идентифицировано 31 S-гаплотип (с S1 по S38), причем некоторые из них (S8, S11, S15, S23, S24, S25) являются идентичными другим (S3, S5, S7, S14, S22 и S21 соответственно) [17]. У вишни обыкновенной описано 12 функциональных S-гаплотипов (S1, S4, S6, S9, S12, S13, S14, S16, S26, S33, S34 и S35), а также наличие 9 нефункциональных (S1', S6m, S6m2, S13m, S13', S36a, S36b, S36b2 и S36b3, где Sm обозначает мутации в тканях пестика и мутации пыльцы S') [18]. Также были описаны 6 S-гаплотипов, которые встречаются только у дикорастущих форм вишни обыкновенной (с S27 по S32) [14-15].