

УДК 653.723.630*164

ГЕНЕТИКА САМОНЕСОВМЕСТИМОСТИ В РОДЕ MALUS L.

Любовь Алексеевна Фролова

кандидат биологических наук, доцент

Ljubafr@rambler.ru

Ольга Михайловна Золотова

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

zolotova.olga1@mail.ru

Юлия Александровна Федулова

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Yulia_fed@mail.ru

Юлия Анатольевна Гурьева

студент

bryksinairila6@9mail.com

Мичуринский государственный аграрный университет

Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы самонесовместимости в роде Malus L.

Ключевые слова: самостерильность, гомозигота-ss, гетерозигота-Ss, сорт.

В процессе эволюции перекрестное опыление стало преобладающим, благодаря выработке механизмов, делающих перекрестное опыление у покрытосеменных растений обязательным даже при одновременном наличии в цветках андроеца и гинецея или однодомности. Это: двудомность, диогогамия и системы генетической несовместимости, в частности явление гетеростилии. Термин гетеростилия введен впервые в науку в 1863 году Гильдебрандом. Полная характеристика гетеростилии была дана в 1877г. в работах Ч. Дарвина. При гетеростилии (дистилии и тристилии), растения популяции, вида, характеризуются цветками, имеющими разную длину пестиков и тычинок.. Это важное приспособление, позволяющее избежать самоопыление и тем самым не допустить снижения жизнеспособности будущего потомства [1, 2, 3, 4]. Разностолбчатость у цветковых растений встречается почти в каждой филогенетической линии, в том числе и в роде *Malus* L. У сортов яблони в ходе эволюции сформировалось уникальный механизм для перекрестного опыления – гетеростилия, которая имеет большое значение для садоводства. К сожалению, самоплодность довольно редкое явление у сортов яблони. Автогамия, когда опыление происходит внутри одного и того же цветка, или гайтеногамия, когда цветки одного сорта опыляется пыльцой того же сорта, характерны лишь для немногих сортов яблони. Большинство же сортов яблони завязывают плоды только в том случае, если их цветки опыляются пыльцой других сортов яблони. Цветки ксеногамийных сортов яблони самостерильны. Пыльца с тычинок, находящихся внутри их цветков, при попадании на пестики этих же цветков, не дорастает до яйцеклетки зародышевого мешка, так как пыльцевая трубка, несущая два спермия, ломается. Это обусловлено генетическим контролем, существующим у перекрестноопыляющихся сортов яблони, наличием в их геноме специального гена S. [5, 6, 7, 8]. Таким образом, очень многие сорта яблони, хотя и имеют обоеполые цветки, но не самооплодотворяются, так как обладают наследственным генетическим свойством несовместимости. Все

выше изложенное, несомненно, указывает на актуальность проводимых исследований.

Цель - изучение самонесовместимости у ряда сортов яблони с целью повышения урожайности садов за счет оптимизации процессов опыления и оплодотворения.

Метод исследования – популяционный, позволяющий изучить распространение отдельных генов в популяциях.

В качестве объектов исследования были взяты сорта яблони: «Лебединая песня (Любава)», «Пепин башкирский», «Орлик», «Орловское полосатое». Изучение морфологии цветков яблони у исследуемых сортов яблони обнаружило, что сорта: «Лебединая песня(Любава)» и «Пепин башкирский» характеризуются длинностолбчатыми цветками и являются гомозиготами (ss). (рис.1, 2; табл.1). Сорта яблони «Орлик» и «Орловское полосатое» имели короткостолбчатые цветки, то есть были гетерозиготы (Ss) (рис.3,4; табл.1).



Рисунок 1 – Гетеростилия у сорта «Лебединая песня (Любава)», длинностолбчатый цветок.

Изучение особенностей морфологического строения у 92 цветков сорта «Лебединая песня (Любава)» показало, что колонка гинецея цветков высокая. Рыльца пестика практически у всех цветков выше пыльников. Цветки

довольно крупные, мелкочашевидные. Бутоны слегка розоватые. Лепестки широкоовальные, вогнутые как у лилий. Окраска лепестков белая. Цветки имеют приятный аромат (рис.1, табл.1),



Рисунок 2 – Гетеростилия у сорта «Пешина башкирского», длинностолбчатый цветок.

Анатомическое изучение выборки цветков, в количестве 98 штук из генеральной совокупности цветков яблони сорта «Пепин башкирский», обнаружило, что все цветки имели длинную колонку гиницея. Рыльца пестиков у всех 98 цветков были выше пыльников. Цветки у сорта «Пепин башкирский» средней величины, с лепестками белого цвета.. Сорт самостерильный (рис.2, табл.1).



Рисунок 3 – Гетеростилия у сорта «Орлик», короткостолбчатые цветки.

Для изучения явления гетеростилии была взята выборка цветков в количестве 91 штук из генеральной совокупности яблони сорта «Орлик». Сравнительное исследование высоты андроцея и гинецея показало, что столбики пестиков у всех исследованных цветков были короче тычиночных нитей. Рыльца пестиков были ниже пыльников. Цветки крупные, в бутонах – розовые, лепестки светло-розовые, сомкнутые (рис.2, табл.1).



Рисунок 4 – Гетеростилия у сорта «Орловское полосатое», короткостолбчатый цветок.

Анализировали выборку цветков в количестве 75штук из генеральной совокупности яблони сорта «Орловское полосатое». В результате проведенных исследований мы обнаружили явление дистилии: короткие пестики, и длинные тычинки. Рыльца пестиков изученных цветков были ниже пыльников. Цветки крупные, блюдцевидные. Бутоны бело-розовые, с лепестками светло-розового цвета (рис. 4, табл.1).

Наследование полиморфизма в популяциях связано с изучением их фенотипического и генотипического состава, с определением частот различных фенов и генов. Фен в нашей работе – это каждое конкретное проявление гена S в изменении длины столбика пестика у сортов яблони. В результате экспериментальных исследований было выявлено 53% длиннопестичных гомозигот (ss) и 47% короткопестичных гетерозигот (Ss). На рисунке 1 представлены результаты количественного учета длинностолбчатых и короткостолбчатых цветков у сортов яблони в популяции. Как видно из данных диаграммы, что хотя количественное соотношение длинностолбчатых и короткостолбчатых цветков варьирует в зависимости от сорта яблони, но в основном приближается к соотношению 1:1. Кроме того, в их цветках было обнаружено не только явление гетеростилии по типу дистилии, когда пыльники и рыльца располагаются на разных высотах в одном и том же цветке, но и по типу тристилии, когда в одном цветке были пыльники как выше рыльца пестика, так и ниже, что облегчает, перекрестное опыление у обоеполых цветков. Количество таких цветков было незначительным.

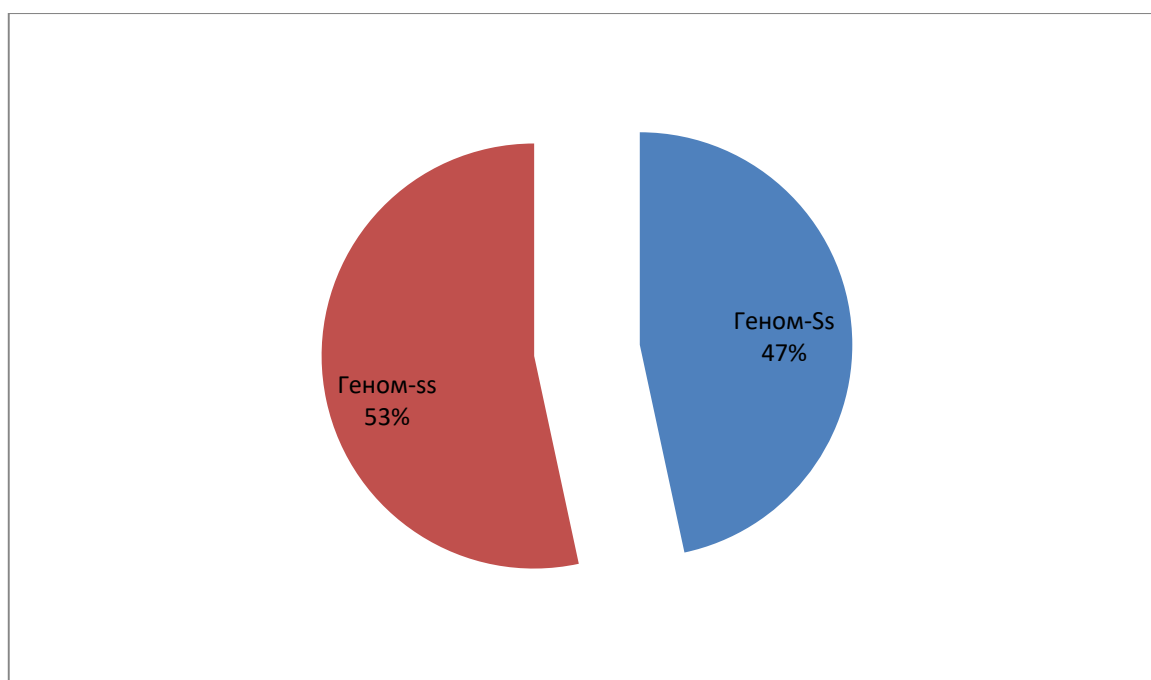


Рисунок 5 – Вариационная диаграмма количественного учета длинностволчатых и короткостовчатых цветков у сортов в популяции яблони.

Для оценки совпадения экспериментально полученных и теоретически ожидаемых данных мы применили критерий хи-квадрат. В нашей работе мы использовали уровень значимости (p) $>0,05$, при одной степени свободы $n = 1$ (табл.1.).

Таблица 1

Результаты количественного анализа наследования длины столбика пестика в популяции яблони у сортов яблони (сорта: «Лебединая песня(Любава)», «Орлик», » методом хи-квадрат

Данные	Число растений		Всего
	Длиннопестичных	Короткопестичных	
Экспериментальное расщепление (P)	191	166	356
Теоретически ожидаемое расщепление (q) при отношении 1:1	178	178	356
Отклонение экспериментальных данных от теоретически ожидаемых (d) (d^2)	13 169	-12 144	

$$\chi^2 = 0,94 + 0,81 = 1,75; \quad n' = 1; \quad P > 0,05$$

Стандарт хи-квадрат равен 3,841 ($n = 1$, $p > 0,05$), в эксперименте-1,75. Отклонение экспериментальных данных от теоретических случайно.

Таким образом, как показали результаты наших исследований гетеростильные сорта яблони характеризуются существованием в их структуре двух типов сортов: длинностолбчатые формы – гомозиготы ss и короткостолбчатые – гетерозиготы Ss . Короткостолбчатые формы выполняют функцию доноров пыльцевых зерен, а длинностолбчатые – реципиенты пыльцы. Моногетерозигота дает два типа гамет в равном соотношении, и это приводит к тому, что по признаку длина столбика пестика происходит постоянное расщепление в соответствии 1:1 (анализирующее скрещивание) в строгом соответствии с законами Грегора Менделя. Несмотря на то, что в цветке яблони одновременно есть и андроцей, и гинецей, они не самоплодны, так как их пыльца часто физически не может попасть на рыльце в своем цветке, в виду расположения пыльников и рыльца пестиков на разном уровне по отношению друг к другу Искусственное скрещивание длиннопестичных с длиннопестичными или короткопестичных с короткопестичными и даже при механическом нанесении пыльцы на рыльце пестика, также не дает результата. Так, если даже пыльца с коротких тычинок удерживается на рыльце длинностолбчатого пестика, то пыльцевая трубка дорастет только до середины столбика и прекратит свой рост, так что оплодотворение не совершится. У всех гетеростильных сортов яблони, есть ген S , обладающий **плейотропным** действием. Он не только обуславливает различия в строении цветка, но и контролирует физиологическую реакцию несовместимости между пыльцевым зерном и тканями столбика пестика, препятствующую оплодотворению. Для получения высокого урожая в садоводстве часто применяется подбор опылителей. Было замечено, что если в садах, произрастают сорта яблони одного сорта, то в них таких садах или происходит снижение урожая, или такие сады совсем не дают урожая. Достаточно было посадить в таком саду несколько деревьев иного сорта, так называемых деревьев – опылителей, как сад начинал давать нормальный урожай. Следовательно, перекрестное

опыление деревьев, относящихся к одному сорту, не приводит к нормальному оплодотворению и плодоношению, а перекрестное опыление деревьев разных сортов дает нормальное оплодотворение и урожай.

Поэтому для создания промышленных садов необходимо подбирать сорта таким образом, чтобы в их структуре были как короткопестичные, так и длиннопестичные сорта в соотношении 1:1, то есть 50% -ss и 50%-Ss. Такой подбор сортов, за счет оптимального перекрестного переопыления, будет способствовать более эффективному оплодотворению и, следовательно, высокой урожайности садов.

Список литературы:

1. Лакин Г.Ф. Биометрия // М.: Просвещение, 1973. 321 с.
2. Лутова Л.А., Тиходеев О.Н. Генетика развития растений // М.: Наука. 2000. 539 с.
3. Тиходеев О.Н., Тихонович И.А., Ходжайлова Л.Т. Генетика развития цветка // М.: Просвещение. 2000. 156 с.
4. Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора / Под ред. А.В.Яблокова. М.: Просвещение, 1950. 383с. .
5. Фролова Л. А. Изучение концентрации аллельных форм гена I в популяциях человека на примере г. Мичуринска // Тамбов на карте Генеральной: социально-экономический, социокультурный, образовательный, духовно-нравственный аспекты развития региона: Сборник материалов Всероссийской научной конференции, Мичуринск, 20 мая 2016 года / Под общ. ред. В.Я. Никульшина. Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2016. С. 171. EDN YNVEEW.
6. Фролова Л. А. Использование интерактивных методов в образовательном процессе // Современные педагогические технологии в организации образовательного пространства региона: сборник материалов Областной научно-практической конференции (24 апреля 2018 г.) // под общей редакцией Е.С. Симбирских. Мичуринск: Изд-во ООО «БиС», 2018. С.177-180.

7. Фролова Л. А., Демочкина С. С., Костырина Т. В. Закономерности формообразовательного процесса в потомстве от скрещивания разнохромосомных форм смородины чёрной // Наука и образование. 2018. Том 1. № 3-4.

8. Цитологический анализ сеянцев от свободного опыления автотриплоидных форм смородины черной/ Л. А. Фролова, Л. П. Петрищева, Н. В. Попенко, М. Н. Клишина // Наука и Образование. 2019. Том 2. №2.

UDC 653.723.630*164

**GENETICS OF SELF-INCOMPATIBILITY IN THE
GENUS MALUS L.**

Lyubov A. Frolova

candidate of biological sciences, associate professor

Ljubafr@rambler.ru

Olga M. Zolotova

candidate of agricultural sciences, associate professor

zolotova.olga1@mail.ru

Yulia A. Fedulova

candidate of agricultural sciences, associate professor

uliafed@mail.ru

Yulia A. Guryeva

student

bryksinairila6@9mail.com

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. The article considers the issues of self-incompatibility in the genus *Malus* L.

Keywords: self-sterility, homozygote-ss, heterozygote-Ss, cultivar.

Статья поступила в редакцию 10.05.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 10.05.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.