

На правах рукописи

МАКАРЕНКО
Сергей Александрович

АДАПТИВНАЯ СЕЛЕКЦИЯ ЯБЛОНИ В НИЗКОГОРЬЕ АЛТАЯ

06.01.05- селекция и семеноводство
сельскохозяйственных растений

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Москва 2017

Работа выполнена в ФГБНУ Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, отдел горного садоводства, ФГУП «Горно-Алтайское»

Научный консультант **Седов Евгений Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, зав. лабораторией селекции яблони

Официальные оппоненты: **Еремин Геннадий Викторович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, филиал Крымская опытно-селекционная станция ФГБНУ "Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова", зав. отделом генетических ресурсов и селекции плодово-ягодных культур и винограда

Савельева Наталья Николаевна, доктор биологических наук, ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина», селекционно-генетический центр «Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и селекции плодовых растений им. И.В. Мичурина», ведущий научный сотрудник лаборатории генофонда

Исачкин Александр Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет - МСХА им К.А. Тимирязева, факультет садоводства и ландшафтной архитектуры, заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения

Ведущая организация: ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»

Защита состоится «7» декабря 2017 г. в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 006.035.02 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства» по адресу: 115598, Москва, ул. Загорьевская, 4, тел./факс (495) 329-31-66, e-mail: dissovet@vstisp.org

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства» и на сайте института в интернете: <http://vstisp.org>.

Автореферат разослан «___» _____ 2017 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор биологических наук, профессор



О.А. Сорокопудова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Яблоня – ведущая плодовая культура. Видовое разнообразие, сильный внутривидовой полиморфизм и экологическая пластичность яблони способствовали широкому распространению и формированию мирового сортимента (Лангенфельд, 1991). Плоды яблони привлекают своим вкусом, богатым биохимическим составом и возможностью их потребления в течение всего года в свежем и переработанном виде.

Западная Сибирь не является естественным ареалом яблони, но за короткий период времени культура прочно закрепилась в любительских и промышленных садах. Интродукция сортов яблони в Сибирь из европейской части России оказалась неэффективной (Бедро, 1924; Лисавенко, Тихонов, 1941; Калинина, 1976). Садоводы-энтузиасты предприняли попытки по созданию сибирских сортов путем посева семян от свободного опыления среднерусских сортов и получили сорта с плодами крупнее и вкуснее ранеток, но недостаточно зимостойкие. Привлечение наиболее адаптивных к суровым условиям Сибири видов *Malus baccata* (L.) Borkh., *Malus × prunifolia* Willd. позволило получить высокозимостойкие сорта ранеточного типа, но неустойчивые к основным болезням и с неудовлетворительным вкусом плодов (Кашенко, 1908, 1914). Коренной перелом в формировании направлений селекции яблони в Сибири произошел благодаря трудам и поддержке И.В. Мичурина (Калинина, 2010; Макаренко и др., 2016). К середине 70-х гг. в сортимент юга Западной Сибири уже входили сорта яблони, созданные в НИИСС им. М.А. Лисавенко и других научных учреждениях Сибири (Калинина, 1976, 2008; Калинина, Ящемская, Макаренко, 2010). Сибирские сорта стали основой по обеспечению местного населения свежей витаминной продукцией. Но и сегодня потребление плодов и ягод в низкогорье Алтая в среднем на душу населения составляет 35,1 кг в год при норме 91,3 кг (Кудашкин, 2008).

С развитием садоводства в Сибири и внедрением селекционных достижений изменились требования к сортам. Недостаточная зимостойкость в критические зимние периоды, потеря устойчивости к парше, моральное старение сортов и низкая масса плодов свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования сортимента путем создания новых сортов на основе оценки существующего сортимента, что будет способствовать повышению производства экологически безопасных плодов и сохранению продуктивности насаждений яблони в суровых условиях Сибири.

В низкогорье Алтая урожайность сортов яблони зависит от степени адаптивности к абиотическим и биотическим факторам. Основные хозяйственно-полезные признаки наследуются полигенно, что свидетельствует о возможности их совмещения в одном генотипе. Создание сортов, сочетающих высокую зимостойкость, полевую устойчивость или иммунитет к парше, повышенное качество плодов, и превышающих современные сорта по ряду признаков в настоящее время является актуальным.

Цель исследований – усовершенствовать научные основы улучшения сортимента яблони в низкогорье Алтая, создать и внедрить адаптивные сорта,

превосходящие допущенные к использованию в регионе по хозяйственно-ценным признакам, позволяющие производить экологически безопасную продукцию.

Задачи исследований:

- провести оценку сортового и гибридного фонда яблони и выделить наиболее адаптивные в низкогорье Алтая сорта и источники хозяйственно-ценных признаков для дальнейшей селекции;
- изучить особенности наследования основных хозяйственно-полезных признаков и обосновать оптимальные пути их использования в селекции и возможное сочетание в одном генотипе;
- создать новые комплексные доноры и источники с максимальным проявлением хозяйственно-полезных признаков для использования в селекции;
- изучить гибридные популяции, полученные от гетероплоидных скрещиваний и выявить комплекс морфологических признаков-маркеров триплоидных форм в экспресс оценке по косвенным признакам в селекции на полиплоидном уровне;
- создать новые сорта и перспективные формы яблони, сочетающие высокую адаптивность к абиотическим и биотическим факторам среды с высокой урожайностью и повышенным качеством плодов;
- провести оценку экономической эффективности возделывания яблони в низкогорье Алтая.

Научная новизна. Впервые в условиях низкогорья Алтая проведена комплексная оценка адаптивного потенциала генофонда яблони. Установлены закономерности наследования хозяйственно-биологических признаков в гибридном потомстве. Доказана перспективность селекции яблони на высокую адаптивность в сочетании с другими признаками как на полигенной, так и на олигогенной основе.

Впервые установлена достоверная сопряженность морфологических признаков (толщина листа, индекс листа, степень культурности) с триплоидным набором хромосом у гибридных сеянцев, полученных от гетероплоидных скрещиваний.

Теоретическая и практическая значимость работы. Проанализированы и обобщены итоги селекционной работы по яблоне в низкогорье Алтая за период 1976–2017 гг.

Получены новые знания по оценке адаптивного потенциала исходных форм яблони, основных хозяйственно-полезных признаков и их генетического разнообразия. Установлены закономерности наследования некоторых качественных и количественных признаков в зависимости от исходных родительских форм и различных групп скрещивания. Используются новые методические подходы в селекции яблони в условиях Сибири.

Расширены и углублены знания, позволяющие получить новые зимостойкие сорта яблони с устойчивостью к грибным болезням и повышенным качеством плодов.

По результатам многолетних исследований в критических условиях полевого опыта выделены доноры и источники высокой зимостойкости, устойчивости к парше, высокой урожайности, повышенного качества плодов, которые позволят повысить эффективность селекционного процесса в Сибири. Из гибридного фонда выделены отборные формы и перспективные сорта для юга Западной Сибири.

Проанализирован сортовой фонд по качеству плодов и их биохимическому составу. Выделены источники высокого содержания сухих веществ и сахаров, средней кислотности. Установлены корреляции между биохимией плодов, их качеством и сроком созревания.

Предложен экспресс-метод идентификации триплоидных генотипов по комплексу морфологических признаков. Впервые в низкогорье Алтая создан гибридный фонд яблони от гетероплоидных скрещиваний с триплоидным набором хромосом, а также из гибридного фонда выделены тетраплоидные формы для дальнейшей селекции на полиплоидном уровне.

В Государственный реестр селекционных достижений включены и допущены к использованию по 10-му региону (Западная Сибирь) адаптивные и продуктивные сорта: Горный синап, Поклон Шукшину, Шушенское.

Выделены элитные сеянцы (кандидаты в сорта) с компактной формой кроны, сдержанной силой роста и преимущественно кольчаточным типом плодоношения, перспективные для интенсивного садоводства в низкогорье Алтая.

Методология и методы исследований. Основой проведения исследований послужили научные труды в области частной селекции плодовых и ягодных культур в Российской Федерации и за рубежом. Использованы полевые и лабораторные методы селекции и сортоизучения яблони, в том числе фенологические, морфологические, цитологические, биохимические, гибридологический анализ и сравнение полученных данных с применением генетико-статистических методов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Оценка адаптивного потенциала яблони различного эколого-генетического происхождения по устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам (зимостойкости, устойчивости к парше) в низкогорье Алтая.

2. Обоснованы возможности и перспективы получения адаптивных сортов яблони с комплексом хозяйственно-полезных признаков в низкогорье Алтая.

3. Экспресс-метод идентификации триплоидных сеянцев яблони по комплексу морфологических признаков.

4. Поиск и создание источников и доноров хозяйственно-полезных признаков для дальнейшего использования в селекции и повышения ее результативности.

5. Создание новых сортов и экономическая эффективность производства плодов яблони в низкогорье Алтая.

Степень достоверности и апробация результатов. Обоснованность научных положений, достоверность результатов исследований вытекает непосредственно из экспериментальных данных, полученных на сертифицирован-

ном оборудовании; подтверждены статистической обработкой с использованием современных методов и программного обеспечения и являются воспроизводимыми.

Результаты исследований прошли апробацию на международных конференциях: «Декоративное садоводство проблемы и перспективы» (Барнаул, 2010), «Совершенствование сортимента и технологий размножения и возделывания садовых культур для условий Сибири» (Барнаул, 2012), «Состояние и перспективы сибирского садоводства» (Барнаул, 2013), «Селекция плодовых и ягодных культур на современном этапе» (Барнаул, 2016), «Аграрные проблемы Горного Алтая» (Горно-Алтайск, 2007), «Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий» (Горно-Алтайск, 2013, 2015), «Новации в современных технологиях плодово-ягодных культур и винограда» (Краснодар, 2015), «Плодоводство Беларуси: традиции и современность» (Самохваловичи, 2015), «Состояние и перспективы селекции и сорторазведения плодовых культур» (Орел, 2005), «Конкурентоспособные сорта и технологии для высокоэффективного садоводства» (Орел, 2015), «Актуальные вопросы защиты садовых культур от вредных организмов» (Москва, 2013), «Повышение эффективности отечественного садоводства с целью улучшения структуры питания населения России» (Мичуринск, 2015), «XXIII Мичуринские чтения» (Мичуринск, 2016), «Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы» (Санкт-Петербург, 2007), «Идеи Н.И. Вавилова в современном мире» (Санкт-Петербург, 2012), «Садоводство и цветоводство на современном этапе» (Новосибирск, 2005), «Реализация идей Н.И. Вавилова на современном этапе развития генетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур» (Новосибирск, 2007), «Актуальные проблемы ведения сельскохозяйственного производства в аридной зоне Центрально-Азиатского региона» (Кызыл, 2013); всероссийских и региональных научно-методических и научных конференциях: «Актуальные проблемы садоводства в России и пути их решения» (Орел, 2007), «Перспективы использования растительных ресурсов Горного Алтая в медицине и сельском хозяйстве» (Горно-Алтайск, 2005), «Состояние и перспективы развития северного садоводства» (Екатеринбург, 2015). Результаты исследований доложены и обсуждены на заседаниях Ученого совета ФГБНУ НИИСС им. М.А. Лисавенко (2003–2016 гг.).

Публикации материалов исследований. По материалам диссертации опубликована 41 научная работа, в том числе: 1 монография (в соавторстве), 12 статей в научных изданиях, рекомендуемых ВАК РФ. Общий объем публикаций 17,3 печатных листа.

Получено 3 патента и 3 авторских свидетельства на новые сорта яблоны.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, рекомендаций для селекции и производства, списка литературы и приложений. Объем работы составляет 353 страницы текста, включает 59 рисунков, 55 таблиц, 14 приложений, библиографические ссылки на 694 отечественных и иностранных источника.

Личный вклад соискателя. Результаты исследований, представленные в диссертации, получены при непосредственном участии соискателя. За период

работы изучен сортовой и гибридный фонд яблони разной ploидности, созданный в 1976–1990 гг. кандидатом сельскохозяйственных наук Н. В. Ермаковой, в 1991–2002 гг. – кандидатом сельскохозяйственных наук З. С. Ящемской, в 2003–2017 гг. – соискателем. Исследования, положенные в основу диссертации, обобщены соискателем самостоятельно.

Автор выражает глубокую признательность доктору с.-х. наук, профессору, академику РАН Е. Н. Седову, доктору с.-х. наук, профессору, академику РАН И. П. Калинин, за оказанную помощь и содействие в выполнении настоящей работы, а также кандидату с.-х. наук Н. В. Ермаковой, кандидату с.-х. наук З. С. Ящемской, доктору биол. наук О. В. Мочаловой, кандидату экон. наук А. С. Кудашкину, за консультацию и помощь в выполнении отдельных этапов научных исследований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Проведен анализ систематики видов яблони, рассмотрена возможность привлечения геноплазмы новых видов в селекционный процесс. Изучена филогения сортов НИИСС им. М.А. Лисавенко.

Рассмотрено формирование мировоззрения физиологов и селекционеров в отношении зимостойкости плодовых культур, которая на современном этапе представлена как многокомпонентная структура, контролируемая многим количеством генов. Каждый компонент зимостойкости наследуется самостоятельно и зависит от генетических особенностей исходных форм.

Формирование, развитие и трансформация взгляда на устойчивость плодовых растений к болезням тесно связана с эволюцией патогена. На современном этапе идентифицировано 17 основных генов устойчивости к парше, что привело к пересмотру ее номенклатуры и изменению стратегии селекции яблони на устойчивость.

Рассмотрены исторический и экологический аспекты формирования сорта яблони в Сибири.

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в низкогорье Алтая (г. Горно-Алтайск) с 1976 по 2011 г. в составе ГНУ НИИСС имени М. А. Лисавенко, с 2011 г. и по настоящее время в ФГУП «Горно-Алтайское», отдел горного садоводства. Работа выполнена в соответствии с программами НИР ФГБНУ «Научно-исследовательский институт садоводства Сибири имени М. А. Лисавенко» (номер государственной регистрации 0791-2014-0004). В работе использованы первичные данные, полученные Н. В. Ермаковой с 1976 по 1991 г., З. С. Ящемской с 1991 по 2003 г., с 2003 по 2017 г. – соискателем.

Климат низкогорья Алтая резко континентальный, но благоприятный для выращивания сортов яблони селекции НИУ Урала и Сибири. Продолжи-

тельность зимнего периода 5–5,5 месяцев. Среднемесячная температура самого холодного месяца января -18,7 °С. Абсолютный минимум температуры в зимний период до -52 °С (1938/39 гг.). Зимы с критическими температурами повторяются каждые 7-11 лет. Сумма отрицательных температур с ноября по март от -927 (2006/07 гг.) до -2772 °С (1968/69 гг.). В отдельные зимы с частым повторением циклонов температуры воздуха не ниже -27...-35 °С. В любой зимний месяц возможна оттепель с повышением температуры воздуха в дневное время до +16 °С (Лучник, 1970). Период устойчивого снегового покрова от 160 до 180 дней.

Лето короткое и жаркое. Продолжительность периода с температурой выше 0 °С – 196–199 дней. Средняя температура июля 19,6 °С. Сумма активных температур 2210 °С. Продолжительность безморозного периода 97–153 дня. Заморозки возможны до 10 июня. Неустойчивой погодой отличаются апрель и май, когда возможно наступление заморозков до -14 °С и снегопадов, которые повреждают у яблони листья и цветки. Годовое количество осадков в среднем 754 мм с вариацией от 490 до 973 мм, из которых до 75% выпадает в летний период.

Объекты исследования: 208 интродуцированных сортообразцов яблони, находившихся на коллекционном сортоизучении, 176 сортообразцов местной селекции на первичном сортоизучении. Схема посадки 6 × 4 м.

С целью совершенствования сортимента яблони с 1976 по 2017 г. проведена гибридизация в объеме 454,6 тыс. цветков, получено семян 273,1 тыс. шт., выращено однолетних сеянцев 62,4 тыс. шт., в селекционный сад высажено 25,6 тыс. шт., в том числе автором работы опылено 265,4 тыс. цветков, получено гибридных семян 96,7 тыс. шт., выращено 37,9 тыс. однолетних сеянцев, в селекционный сад высажено 12,9 тыс. гибридов. В качестве материнских исходных форм привлечено 85 зимостойких сортообразцов F₁, F₂, F₃ гибридного поколения *M. baccata* и связанные с *M. ×prunifolia*, в качестве отцовских форм – 139 сортообразцов различного генетического и экологического происхождения. Схема посадки селекционных садов 6 (5) × 1,5 (1) м, 4 × 1 (0,5) м.

Оценка биологических и хозяйственно-полезных признаков проведена в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения сортов плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Мичуринск, 1973; Орел, 1999) и «Программой и методикой селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Мичуринск, 1980; Орел, 1995) с некоторыми дополнениями.

Степень поражения исходных форм и гибридов паршой оценивали на естественном и искусственном инфекционном фоне в открытом грунте в соответствии с «Методикой отбора устойчивых к парше сортов и сеянцев яблони на искусственных инфекционных фонах» (Седов, Жданов, 1985) с дополнениями применительно к условиям низкогорья Алтая.

Плоидность гибридных сеянцев определяли путем подсчета числа хромосом на временных давленных препаратах, окрашенных уксусным гематоксилином по методике Л.А. Топильской, С.В. Лучниковой, Н.П. Чувашиной (1977) с помощью микроскопа Микмед 6-7.

Биохимический состав плодов определен сотрудниками лабораторий биохимии и технологии переработки плодов и ягод НИИ садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко.

Экспериментальные данные обработаны с использованием статистических методов (Плохинский, 1960; Доспехов, 1985; Моисейченко и др., 1994; Перфильев, 1980; 1994) и пакета статистических программ Biogen (Мартынов, Сорокин, 2003).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

ГЛАВА 3. СЕЛЕКЦИЯ ЯБЛОНИ НА ЗИМОСТОЙКОСТЬ

3.1. Особенности погодных условий неблагоприятных зимних периодов для яблони на Алтае

За период 1937-2017 гг. в низкогорье Алтая критическими для яблони были осенне-зимние периоды 1938/39, 1944/45, 1950/51, 1965/66, 1966/67, 1968/69, 1975/76, 1976/77, 1984/85, 1987/88, 2000/01, 2009/10, 2016/17 гг. (рисунок 1), в которые отмечено подмерзание деревьев различных сортов в слабой и сильной степени.

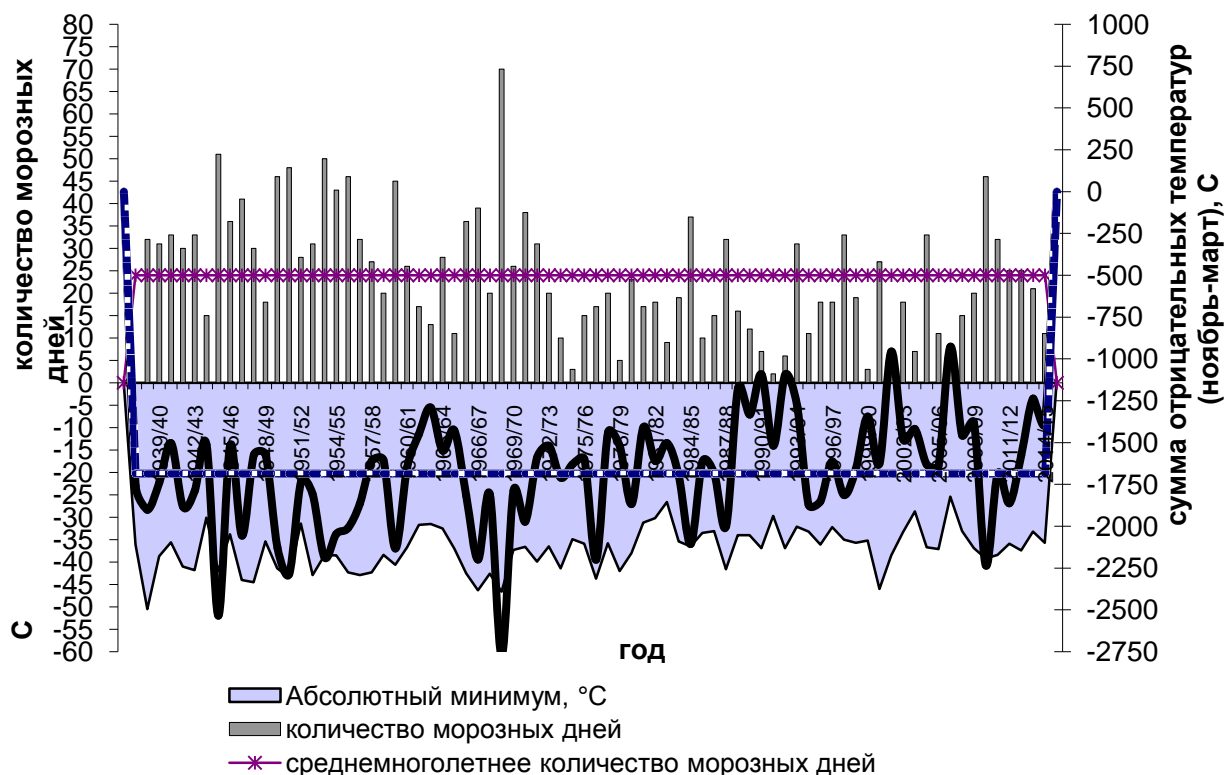


Рисунок 1 – Основные климатические показатели морозности зимних периодов в низкогорье Алтая, 1938–2017 гг.

Несмотря на тенденцию повышения среднегодовой температуры воздуха в последние несколько десятилетий, частота неблагоприятных для яблони зимних периодов не уменьшилась. Наиболее сильные повреждения яблоня получает в годы с продолжительными морозными периодами с суммой отрицательных тем-

ператур от 1998 до 2772 °С даже без сочетания с минимальными температурами воздуха. Критическими факторами зимнего периода для насаждений яблони в низкогорье Алтая, как и в Сибири, являются резкое снижение температуры воздуха в октябре-ноябре до -35...-43 °С (57%); низкие отрицательные температуры в середине зимнего периода -41,0...-52,0 °С (36%) и резкие перепады температуры воздуха в марте (7%).

В одни зимы повреждаются только сердцевина однолетних побегов и частично плодовые почки, в другие – древесина различных возрастов, кора и камбий. В наиболее суровые зимы сильно подмерзает надземная часть до уровня снегового покрова у некоторых сортов местной селекции и у интродуцированных крупноплодных сортов.

Актуальной остается оценка адаптивного потенциала и продуктивности существующего генофонда яблони в низкогорье Алтая.

3.2. Фенологические фазы развития сортов яблони

Средняя дата начала вегетации сортов яблони отмечена 28 апреля при сумме положительных температур 149,0...229,2 °С. Самое раннее распускание почек отмечено у растений *Malus baccata* и сорта Баяна – 24 апреля, позднее всех у сортов Алтайское юбилейное, Алтынай, Горный синап, Поклон Шукшину, Сувенир Алтая, Феникс алтайский – 2 мая. Цветение начинается с 3 (Баяна) по 20 мая (Сувенир Алтая) при сумме активных температур 148,6...275,9 °С и продолжается до 11 дней. Фаза цветения в сильной степени зависит от погодных условий. При высоких температурах воздуха она сокращается до 5-6 дней, а в прохладную погоду увеличивается до 18 дней. Плоды сортов летнего срока созревают 16–20 августа при сумме активных температур 1322,7...1352,6 °С, осеннего – 28 августа–12 сентября при сумме активных температур 1369,8...1559,9 °С, зимнего срока потребления – 8–20 сентября при сумме активных температур 1524,4...1612,1 °С. Листопад проходит 28 сентября–10 октября в зависимости от сортообразца. Для завершения вегетации растениям сортов яблони необходима сумма положительных температур в пределах 2211,8...2286,4 °С. Продолжительность периода вегетации в среднем составляет 164 дня.

3.3. Зимостойкость исходных форм

Сибирские сорта яблони должны формировать зимостойкость в сжатые сроки, иметь предел прочности с обратимыми повреждениями к воздействию крайних значений климатических флуктуаций: во второй половине октября–начале ноября -35...-45 °С; в середине зимовки -50...-60 °С для почек, тканей коры, флоэмы и камбия и для ксилемы -42...-48 °С; после оттепели с температурой воздуха +2 °С и последующей закалкой при температуре -5...-10 °С, -40...-45 °С (Лобанов, 1987).

За период исследований 1976–2017 гг. алтайские сорта яблони (F₂, F₃, F₄) подмерзали в зимние периоды 1976/77, 1984/85, 1987/88, 2000/01, 2009/10, 2016/17 гг. независимо от их генетического происхождения, что позволило

выделить сортообразцы с минимальными повреждениями от воздействия различных критических факторов зимнего периода. К низким температурам в раннезимний период (конец октября, ноябрь) устойчивы сорта Алтайское раннее, Алтайское юбилейное, Горноалтайское, Бельфлер алтайский, Золотая тайга, Ранетка целинная, Пепинка алтайская, Татанакское, Урожайное. Устойчивыми к низким температурам ($-46,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) в середине зимы являются сорта: Алтайское раннее, Баяна, Горноалтайское, Пепинка алтайская, Ранетка целинная, Ранетка пурпуровая, Сурхурай. Устойчивыми к продолжительным морозным периодам являются сортообразцы: Алтайское багряное, Горноалтайское, Ранетка целинная, Северянка, Алтайский голубок, Алтайское раннее, Барнаульское раннее, Золотая тайга, Красная горка, Пепинка алтайская, Смугляночка, Соловьевское, Юнга, Алтайское крапчатое, Алтайское румяное, Алтайское янтарное, Горный синап, Ермаковское горное, Заветное, Зимний шафран, Павлуша, Сувенир Алтая, Соломка, Сюрприз, Татанакское, Толунай, Феникс алтайский, Шушенское, Нежное забайкальское, Малинка, Комсомолец Бурятии, Лойко, Папироянтарное, Подарок осени, Светлое, Уралец, 1-63-4909, 1-63-1046, 4-73-9294, 2-76-11281, 2-76-11300, 14-78-416.

В зависимости от степени устойчивости, к повреждающим факторам зимнего периода выделенные сортообразцы перспективны в селекции на высокую зимостойкость по I, II, IV компонентам.

3.4. Зимостойкость гибридных сеянцев яблони

Селекционерами Алтая и Сибири при создании зимостойких сортов с комплексом хозяйственно-ценных признаков получены положительные результаты. Однако остается актуальным создание сортов и источников, сочетающих в своем генотипе высокую зимостойкость и высокую восстановительную способность в комплексе с другими хозяйственно-полезными признаками.

Оценка степени повреждения гибридного фонда проведена в неблагоприятные для перезимовки яблони зимние периоды 1976/77, 1984/85, 1987/88, 2009/10 гг., но наиболее сильные повреждения сортообразцы получили в зиму 2009/10 гг. Установлено, что гибриды в плодоносящем возрасте (старше 15 лет) пострадали в большей степени. Единичные гибриды без подмерзания выделены в группах скрещивания $F_3 \times Malus \times domestica$, $F_2 \times F_3$, $F_2 \times Co$, $Co \times F_2$ (рисунок 2).

В комбинациях насыщающих скрещиваний с высокзимостойкой материнской исходной формой 2-76-11300 \times Мезенское, 2-76-11300 \times Жигулевское и межсортных скрещиваний зимостойких сортов Алтайское раннее \times Алтайское пурпуровое, Золотая тайга \times Феникс алтайский и Феникс алтайский \times Горноалтайское существенная часть гибридов независимо от группы и комбинации скрещивания имела степень подмерзания 1,0–2,0 балла.

Лишь гибриды F_5 оказались незимостойкими. Гибриды (F_1) *M. baccata* \times *M. \times domestica* Vorkh. по зимостойкости немного уступают сибирской яблоне. Зимостойкость F_2 сибирской яблони вдвое ниже F_1 , средний балл подмерзания в критические зимы F_1 – 1,1, F_2 – 2,5 балла, а F_3 сибирской яблони по зимостойкости незначительно уступает F_2 . Из них по комплексу хозяйственно-ценных

признаков выделены среднезимостойкие сорт Алтайское пурпуровое и зимостойкий сорт Татанакское.

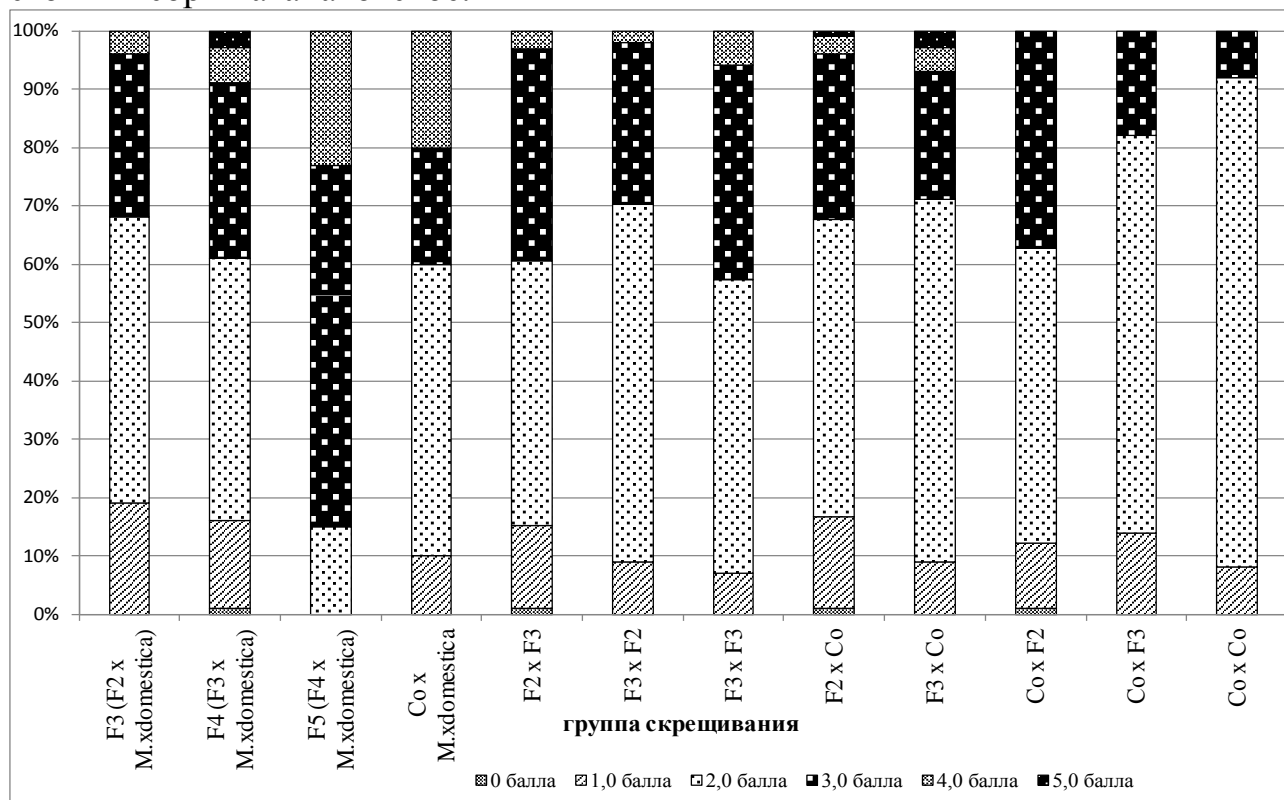


Рисунок 2 – Расщепление по степени подмерзания плодоносящих гибридов, зимний период 2009/10 гг.

В неплодоносящих селекционных садах выделены гибриды без подмерзания в группах F_4 и комбинациях межсортовых скрещиваний, где в качестве зимостойкой материнской исходной формы использовались сортообразцы 2-76-11300, 2-76-11281, Алтайское пурпуровое, Толунай, Шушенское (рисунок 3). Высокозимостойкими (средняя степень подмерзания 1,5–1,9 балла) оказались гибриды в комбинациях скрещивания 2-76-11300 × Жигулевское, 2-76-11300 × Коричное новое, 2-76-11281 × Чилини, 2-76-11281 × Жигулевское, Толунай × Пепинка алтайская, Баяна × Ермаковское горное, Толунай × Ермаковское горное, Алтайское пурпуровое × 2-76-11300, Алтайское пурпуровое × Баяна, 2-76-11300 × Поклон Шукшину.

Для создания зимостойких сортов с плодами хорошего вкуса массой 40–80 г и более перспективны насыщающие скрещивания зимостойких алтайских сортов с сортами различного генетического происхождения и срока созревания. Доля зимостойких гибридов в насыщающих скрещиваниях снижается в каждом последующем поколении *Malus baccata* с 68 до 15 %.

Для получения зимостойких, сравнительно крупноплодных сортов хорошего вкуса в низкогорье Алтая перспективны реципрокные скрещивания алтайских сортов и перспективных гибридов второго и третьего поколения сибирской яблони ($F_2 \times F_2$; $F_2 \times F_3$; $F_3 \times F_2$; $F_3 \times F_3$). Среди них выделены сорта Ермаковское горное, Баяна, Толунай, Сурхурай и др. В дальнейшей работе учет и гибридологический анализ межсортовых скрещиваний рекомендуем рассматривать единой группой.

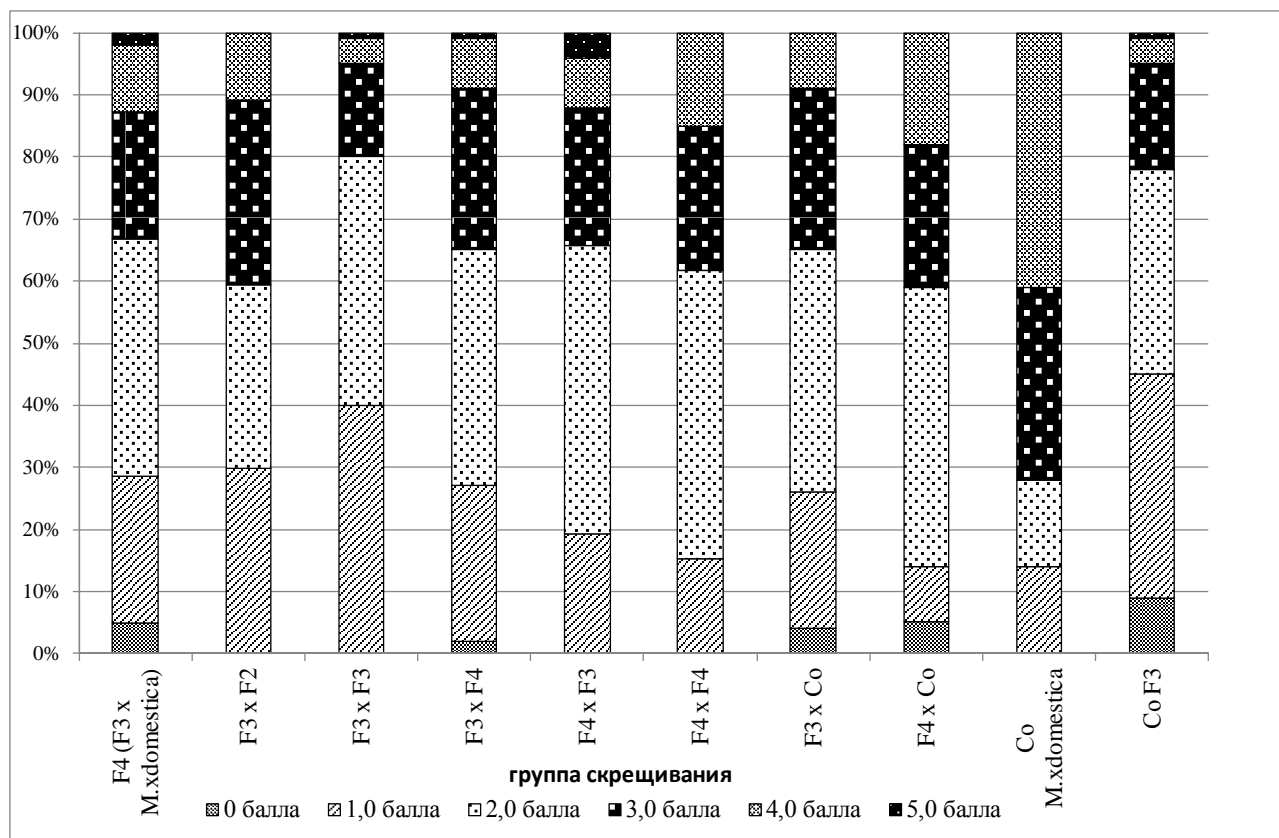


Рисунок 3 – Расщепление по степени подмерзания неплодоносящих гибридов, зимний период 2009/10 гг.

Установлено, что наследование признака в насыщающих скрещиваниях идет по материнской линии. Коэффициент наследуемости (H^2) составляет 53–54%, взаимосвязь с отцовскими формами прослеживается недостоверно. В каждой группе, а в частности комбинации скрещивания, выщепляются сеянцы по зимостойкости не уступающие, а некоторые и превышающие лучшую родительскую форму, что подтверждает возможность отбора генотипов, сочетающих высокую зимостойкость с другими ценными признаками.

Выделены доноры и источники зимостойкости: F_1 – Ранетка пурпуровая, Северянка; сортообразцы селекции НИИСС F_2 – Алтайский голубок, Горноалтайское, Пепинка алтайская, Спорт метла, 2-37-836; F_3 – Алтайское пурпуровое, Ермаковское горное, Сюрприз, 11-61-295, 1-63-1046, 1-63-4909, 4-65-7869, 4-65-7890, 2-76-11300, 2-76-11281; F_4 – Баяна, Горный синап; полученные от свободного опыления – Толунай, Феникс алтайский, Со-61-632, Со-06-к1.

По количеству отборных сеянцев результативным является четвертое поколение *Malus baccata* – 9,5 %, среди которых отобраны адаптивные и крупноплодные сорта Горный синап, Поклон Шукшину и Шушенское. В остальных группах результативность отбора составляет от 1,6 до 2 %.

Итогом селекции является создание зимостойких и средnezимостойких в критические зимы сортов с высокой восстановительной способностью и с плодами хорошего вкуса, средней массой 64–96 г и более, а также выделены и проходят первичное и конкурсное сортоизучение формы с массой плодов до 100 г и более.

ГЛАВА 4. СЕЛЕКЦИЯ ЯБЛОНИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПАРШЕ

4.1. Оценка полевой устойчивости генофонда яблони к парше

Погодные условия низкогорья Алтая в течение вегетационного периода благоприятны для развития парши, эпифитотии которой повторяются каждый второй год.

Среди алтайских сортов паршой не поражаются (0 балла) сорта: Мулатка, Поклон Шукшину, Толунай, Шушенское и 24 элитные формы. На 1,0 балла поражаются сорта Баяна, Сурхурай, на 2,0 – Алтайское крапчатое, Алтайское пурпуровое, Алтайское раннее, Алтайское янтарное, Алтынай, Горноалтайское, Горный синап, Ермаковское горное, Зимний шафран, Золотая тайга, Кузнецовское, Осеннее солнышко, Сувенир Алтая, Феникс алтайский и 40 отборных и элитных форм, а также форма *M. baccata* 23/5. Остальные сортообразцы алтайской селекции поражаются паршой в средней и сильной степени.

Среди интродуцированных сортообразцов паршой не поражаются Имси-нап (СССС, г. Екатеринбург) и сорта российской и иностранной селекции (Беларусь, Украина, Казахстан, США), устойчивые к парше как на полигенной основе, так и полученные с участием олигогенов: Белорусский синап, Белорусское сладкое, Благовест, Болотовское, Брянское розовое, Брусничное, Былина, Ветеран, Восторг, Вымпел, Гирлянда, Дарунак, Диамант, Заман, Заря подолья, Заславское, Зеленый шум, Имант, Кандиль орловский, Куликовское, Коричное новое, Максат, Надзейны, Память Блынского, Память Коваленко, Память Сюзбаровой, Поспех, Поэзия, Приокское, Редфри, Рубиновое Дуки, Свежесть, Скала, Славянин, Созвездие, Спартан (4×), Строевское, Сябрыня, Фетовское, Цветаевское, Юбиляр, 7-4, SR0523, OR40T43, OR48T47, 30-47-88 (4×).

В гибридизацию привлекали и восприимчивые к парше сортообразцы Со-06-к1, 32-26 и 18-9 (ВНИИГиСПР), как источники зимостойкости с компактной формы кроны, а также источники высокого качества плодов сорта McIntosh, Braeburn, Gala и Fuji.

4.2. Наследование полевой устойчивости к парше гибридами яблони

Оценка гибридного фонда по степени поражения паршой на естественном инфекционном фоне проведена в эпифитотийный 2016 г. Средний балл поражения по группам скрещивания составляет от 0,6 до 2,3 балла, доля сеянцев без поражения в зависимости от группы скрещивания – от 14 до 67 %, резистентных сеянцев – от 16 до 64 % (рисунок 4).

Установлено, что коэффициент наследуемости (H^2) полевой устойчивости на полигенной основе в зависимости от материнской исходной формы низкий и варьирует в пределах 1–9 %, от отцовской – 8–24 %. Отцовские исходные формы – Алтайское пурпуровое, Горноалтайское, Сувенир Алтая, Уэлси, Фетовское – не во всех комбинациях скрещивания в равной степени передают свою устойчивость гибриднему потомству.

В комбинациях скрещивания сорта Толунай повышенный выход устойчивых гибридов, независимо от устойчивости к парше второй исходной формы – от 69 (Толунай × Пепинка алтайская) до 95% (Толунай × Ермаковское горное).

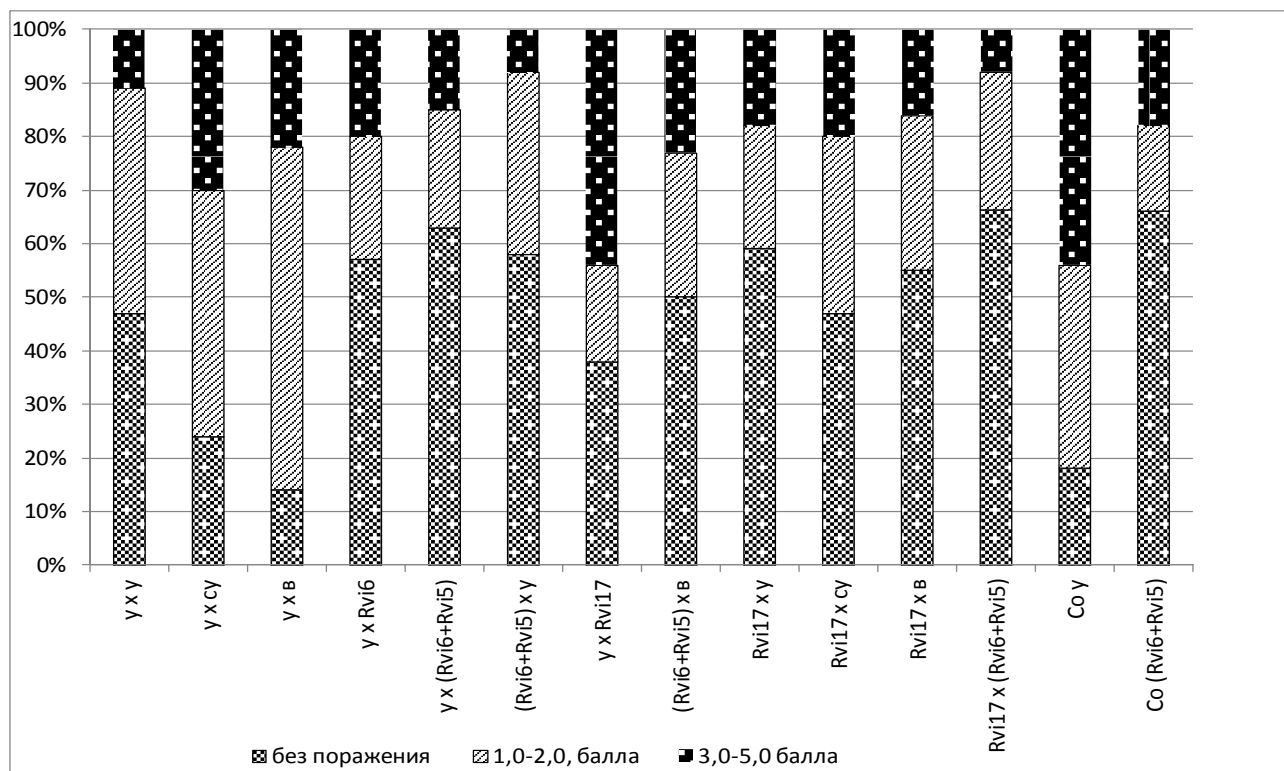


Рисунок 4 – Распределение гибридов по степени поражения паршой в полевых условиях (у-устойчивый, cy – среднеустойчивый, v – восприимчивый)

Анализ устойчивости гибридных семян, полученных с участием гетерозиготных доноров иммунитета, показал перспективность комбинаций скрещивания Rvi17 × устойчивый, Rvi17 × среднеустойчивый, Rvi17 × восприимчивый, Rvi17 × (Rvi6+Rvi5), в семьях которых средний балл поражения паршой составил 1,0, 1,2, 1,0, 0,6 соответственно. В них также отмечен повышенный выход гибридов без поражения – от 47 до 67% и устойчивых к парше – от 23 до 33 %.

Учитывая результативность комбинаций скрещиваний по выходу устойчивых к парше семян в селекции, в качестве материнских исходных форм перспективны сортообразцы *M. baccata* 1/1, *M. baccata* 23/5, Баяна, Горноалтайское, Горный синап, Ермаковское горное, Пепинка алтайская, Толунай, Сурхурай, 11-61-295, 1-63-4909, 1-63-1046. В качестве отцовских форм сорта – Антор, Новинка, Орлик, Орловское полосатое, Рекорд Мичурина; Северный синап, Уэлси, Фетовское, Алтайское пурпуровое, Горноалтайское, Ермаковское горное, Феникс алтайский.

В низкогорье Алтая получены сорта с полевой устойчивостью к парше: Алтайское пурпуровое, Алтынай, Баяна, Горный синап, Ермаковское горное, Сурхурай, Толунай, с участием олигогенов созданы сорта Поклон Шукшину и Шушенское.

4.3. Оценка полигенной устойчивости к парше гибридов яблони на искусственном инфекционном фоне

Искусственный инфекционный фон повышает эффективность селекции на устойчивость к парше, так как позволяет избавиться от неустойчивого гибридного материала на ранних этапах развития. Установлено, что оптимальным сроком заражения в открытом грунте в низкогорье Алтая является середина и конец III декады июля (Макаренко, Артюх, 2015).

По мнению Л. А. Ищенко (2010), в гибридном потомстве с полигенной устойчивостью выход устойчивых семян незначительный, поэтому сортообразцы, гибридизация с которыми обеспечивает получение 7–10 % устойчивых гибридов, рекомендуют в качестве источников.

По результатам гибридологического анализа доля гибридов без признаков поражения и устойчивых к парше от 61 до 88 % наблюдается в семьях, полученных с участием устойчивых и среднеустойчивых исходных форм (рисунок 5).

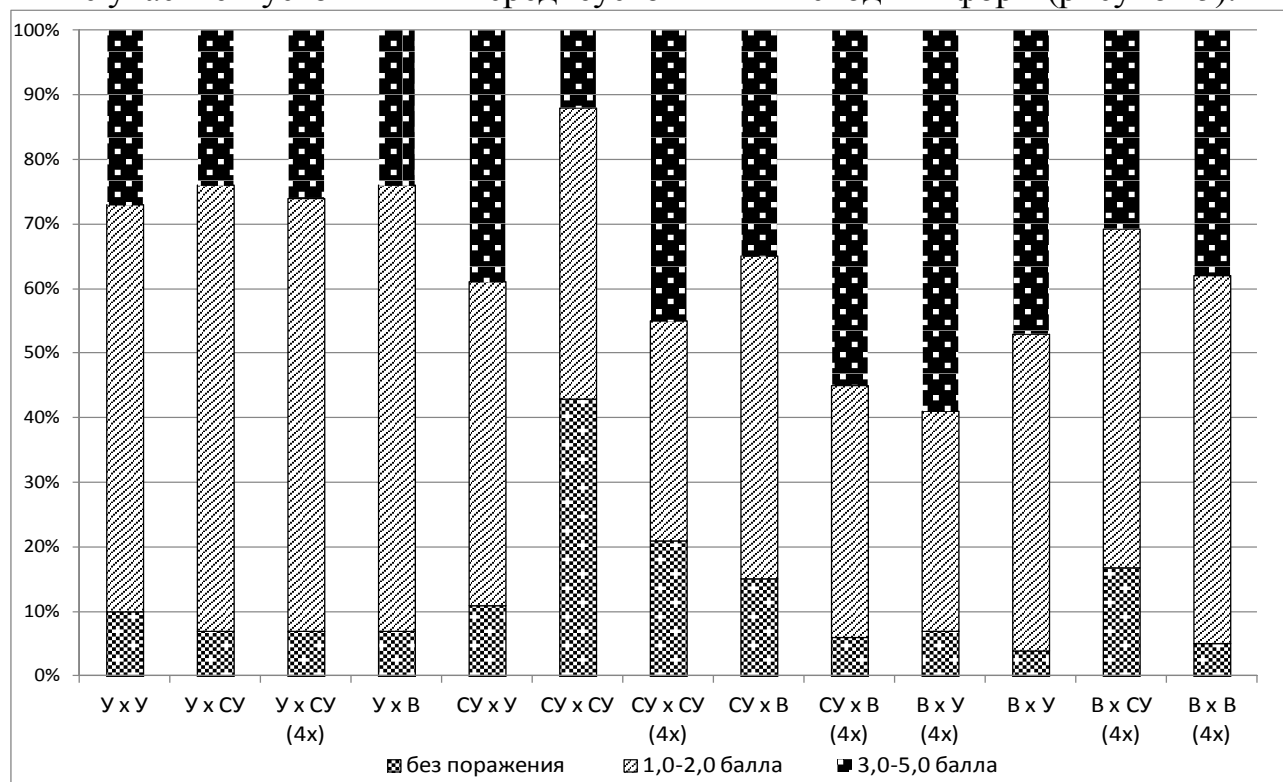


Рисунок 5 – Распределение гибридов по степени поражения паршой на искусственном инфекционном фоне

Источниками горизонтальной (полигенной) устойчивости являются материнские исходные формы *Malus baccata* 1/1, *Malus baccata* 23/2, *Malus baccata* 23/5, Алтайский голубок, Алтайское пурпуровое, Алтайское багряное, Горноалтайское, Золотая тайга, Нежное забайкальское, Пепинка алтайская, Сувенир Алтая, Толунай, Со-81-907, а также отцовские – Ароматное, Апорт АС, Белорусский синап, Баяна, Восход, Жаркын, Маки Победы, Наследница юга, Память есаулу, Салют Крыму, Талида, Фея, Golden B, 25-37-45 (4x). При тщательном подборе исходных форм возможно выделение устойчивых к парше форм в комбинациях восприимчивых сортообразцов Braeburn, Fuji, Gala, Mutsu (3x), McIntosh (4x).

4.4. Оценка гибридов яблони на искусственном инфекционном фоне на иммунитет к парше

Гибридные сеянцы яблони от скрещивания сортов с разной полевой устойчивостью к парше с гетерозиготными донорами и источниками иммунитета имеют широкую норму реакции при искусственном заражении паршой в открытом грунте. Во всех комбинациях и группах скрещивания выделены гибриды без признаков поражения, единичные сеянцы с реакцией «булавочный укол», значительная часть гибридов имеет 2,0 и 3,0 классы поражения.

По результатам анализа выявлен повышенный выход устойчивых гибридов как по комбинациям скрещивания, так и по группам скрещивания (59–96 %) независимо от года заражения (рисунок 6).

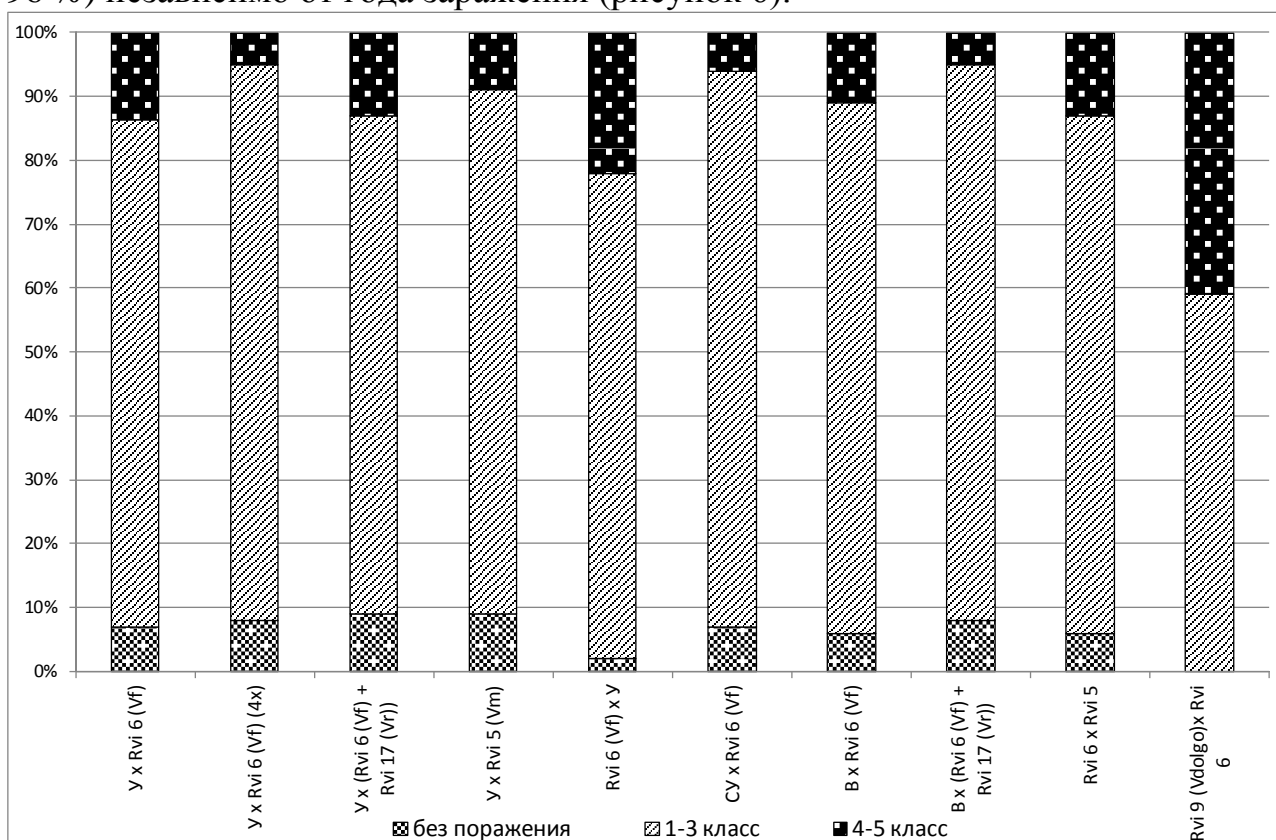


Рисунок 6 – Распределение гибридов по классам поражения паршой на искусственном инфекционном фоне

Результативным является скрещивание устойчивых к парше сортов *M. baccata* 1/1, *M. baccata* 23/5, Алтайское пурпуровое, Баяна, Горноалтайское, Зимний шафран, Золотая тайга, Нежное забайкальское, Толунай, 3-84-3607; среднеустойчивых *M. baccata* 23/2, Пепинка алтайская; восприимчивых Со-06-к1, 18-9, 32-26, Алтайский голубок, Ранетка пурпуровая, Ранетка Ермолаева с гетерозиготными донорами иммунитета Rvi6: Свежесть, Максат, Заман, Болотовское, Первоуральская, Florina, Redfree, Prima, 30-47-88 (4x); Rvi5: 4-95-2 [(Пепинка алтайская × SR0523) × Жигулевское], 6-95-1 [(Пепинка алтайская × SR0523) × Коричное новое], 7-95-10 [(Пепинка алтай-

ская × SR0523) × Мезенское]; (Rvi6 + Rvi17): 12-82-1816 [Ермаковское горное × (OR48T47 + OR40T43)].

Результативность провокационного фона парши подтверждена устойчивостью отобранных гибридов в полевых условиях.

ГЛАВА 5. СЕЛЕКЦИЯ ЯБЛОНИ НА ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫЕ ПРИЗНАКИ

5.1. Особенности роста сортов и гибридов яблони

Исходные формы, используемые в селекции, являются генетически проверенными донорами и перспективными источниками сдержанной силы роста, высокой урожайности и преимущественно кольчаточного типа плодоношения (Калинина, Ермакова, 1982; Макаренко, 2006).

По результатам анализа силы роста корнесобственных гибридов в селекционном саду установлено, что они являются карликовыми, полукарликовыми и среднерослыми растениями в зависимости от исходных форм.

В насыщающих скрещиваниях элитных форм 2-76-11281 и 2-76-11300 (Пепинка алтайская × SR0523) с сортами, созданными в европейской части России, карликовую силу роста имеют от 10 (2-76-11300 × Жигулевское) до 63 % (2-76-11281 × Жигулевское) растений. Существенная доля гибридов являются полукарликовыми от 38 (2-76-11281 × Жигулевское) до 78 % (2-76-11300 × Орловское полосатое). В 6 из 7 комбинаций скрещиваний 5...27 % гибридов со средней силой роста.

В межсортовых комбинациях скрещивания алтайских сортообразцов материнские исходные формы имеют среднюю силу роста, а отцовские – среднюю и сдержанную. Единичные очень карликовые растения выделены в комбинациях Алтайское пурпуровое × Шушенское, Толунай × Алтайское пурпуровое, Толунай × Горный синап, Шушенское × Горный синап, Алтайское пурпуровое × смесь колонновидных сортов и среди сеянцев от свободного опыления сорта Горный синап. Значительная доля гибридов во всех комбинациях (46...86 %) имеет карликовую силу роста. Доля полукарликовых растений составляет от 7 (Баяна × Ароматное) до 47 % (Толунай × (Арбат + Джин + КВ-86 + КВ-87 + КВ-89)).

В комбинациях скрещивания Алтайское пурпуровое × (Арбат + Джин + КВ-86 + КВ-87 + КВ-89) и Толунай × (Арбат + Джин + КВ-86 + КВ-87 + КВ-89) выделено 12 зимостойких, устойчивых к парше, с компактной формой кроны образцов. Из них 6 отобраны по качеству плодов и рекомендованы для производственного сортоизучения в условиях Сибири. Из сеянцев от свободного опыления колонновидных форм для дальнейшей селекции отобраны высокозимостойкие сортообразцы с компактной формой кроны Со-06-к1 и Со-07-933 (Со Арбат).

Донорами сдержанной силы роста являются сортообразцы Горный синап, Ермаковское горное, Пепинка алтайская, Толунай, 2-76-11281, 2-76-11300. В условиях Сибири впервые получены адаптивные сортообразцы с компактной

(узкопирамидальной и колонновидной) формой кроны различного срока созревания, перспективные для ведения интенсивного садоводства. По степени плодоношения и качеству плодов в элиту выделено 6 сортообразцов: Аврора (3-06-8), Восток (10-06-9), Исток (10-0604), Лучевое (3-06-10), Маяк (10-06-6), Подарок Красноярску (3-06-2).

5.2. Скороплодность и урожайность гибридов яблони

Важным биологическим свойством сорта яблони является скороплодность, которая определяет срок вступления многолетних насаждений в плодоношение и скорость окупаемости затрат связанных с их посадкой.

Средний возраст вступления гибридов в плодоношение как в насыщающих скрещиваниях F_2 , F_3 , F_4 , так и от скрещивания алтайских сортов между собой – 7,2–9,7 лет. Отбор скороплодных сортообразцов возможен во всех группах скрещивания (рисунок 7). Формы, вступившие в плодоношение в возрасте 4–5 лет от посева семян, получены в комбинациях сортообразцов Алтайское крапчатое, Алтайское пурпуровое, Алтайское раннее, 11-61-295, 4-65-7823, 4-65-7869.

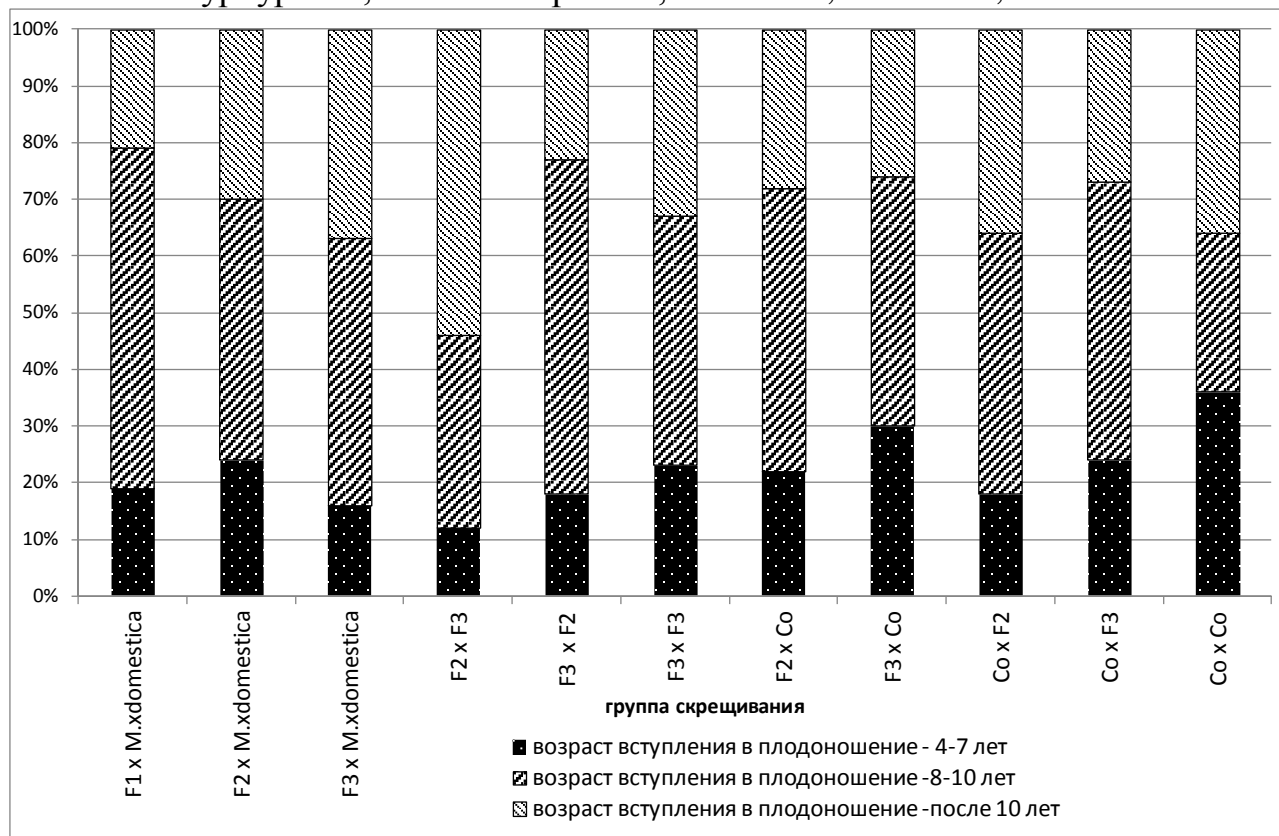


Рисунок 7 – Распределение гибридов яблони по скороплодности

В зависимости от группы скрещивания до 7-летнего возраста в плодоношение вступает от 12 до 36 % семян. До 10 лет в плодоношение вступает от 46 до 79 % гибридов. В зависимости от комбинации скрещивания доля гибридов, вступивших в плодоношение до 10-летнего возраста, варьирует от 25 до 100 %.

В F_4 по сравнению с F_2 и F_3 по комбинациям скрещивания выше доля семян с поздним (старше 10 лет) сроком вступления в плодоношение (11-57 %), но

средний возраст начала плодоношения находится на уровне F_2 и F_3 ($8,06 \pm 0,28$ – $9,56 \pm 0,42$ лет). Различий по среднему возрасту вступления гибридов в плодоношение между насыщающими скрещиваниями F_2 , F_3 , F_4 поколениями *M. baccata* и гибридами от межсортовых скрещиваний алтайских сортов не выявлено.

Донорами скороплодности являются сортообразцы Алтайский голубок, Алтайское крапчатое, Алтайское пурпуровое, Баяна, Горноалтайское, Горный синап, Ермаковское горное, Пепинка алтайская, Татанаковское, Толунай и элитные формы 11-61-295, 4-65-6562, 4-65-7823, 4-65-7869, 4-65-7890, 2-76-11281, 2-76-11300. Скороплодное потомство получено от отцовских исходных форм: Антор, Десертное Исаева, Жигулевское, Золотая осень, Мезенское, Новинка, Орлик, Орловское полосатое, Северный синап, Уэлси, Фетовское.

Привлечение в селекцию скороплодных исходных форм позволяет завершить первичный отбор сеянцев по комплексу хозяйственно-ценных и биологических признаков в селекционных садах к 10-летнему возрасту.

Неотъемлемым элементом интенсификации садоводства являются урожайные, ежегодно плодоносящие сорта яблони. Высокая плодovitость гибридного потомства *M. baccata* и *M. × prunifolia* отмечена многими селекционерами. Средняя урожайность за 12 лет плодоношения (схема посадки 6×4 м) у сортов Алтайское пурпуровое – 10,3 т/га, Баяна – 12,3 т/га, Горный синап – 12,3 т/га, Поклон Шукшину – 11,6 т/га, Толунай – 16,8 т/га, Шушенское – 11,8 т/га. Через год после повреждения в критический зимний период 2000/01 гг. с минимальной температурой воздуха -46 °С, и на поверхности снега -51 °С, благодаря их высокой восстановительной способности, урожайность составила от 24,3 (Алтайское пурпуровое) до 40,8 кг с дерева (Поклон Шукшину). Максимальная урожайность сортов была от 54,3 (Алтайское пурпуровое) до 83,3 кг с дерева (Толунай).

В селекционный процесс целесообразно привлекать сорта с ежегодным плодоношением, созданные в разных зонах Сибири и средней урожайностью 10,0 т/га за ротацию и более или средней урожайностью от 23,0-24,0 кг с дерева. Источниками высокой урожайности и стабильного плодоношения являются сортообразцы Алтайское пурпуровое, Алтайское раннее, Баяна, Горноалтайское, Горный синап, Ермаковское горное, Пепинка алтайская, Толунай, Феникс алтайский, Шушенское, 1-63-1046, 1-63-4909, 4-65-7869, 2-76-11281, 2-76-11300, 3-84-3607, 9-87-4996.

5.3. Наследование гибридами яблони массы плодов

Создание конкурентоспособных сортов яблони, адаптивных к суровым условиям Сибири, с массой плодов более 40 г, является важной задачей. Привлечение в гибридизацию сибирской яблони *M. baccata* позволило получить зимостойкие сорта ранеток и полукультурок, однако по величине плодов они уступают крупноплодным сортам европейской и иностранной селекции.

Во втором поколении *M. baccata* от скрещивания ранеток (F_1) с крупноплодными сортами 27 % гибридов имеют промежуточную массу плодов. Однако в зависимости от исходных форм в F_2 возможен отбор полукультурок с массой плодов 31–50 и 51–70 г. Коэффициент наследуемости массы плодов в этой группе по отцовской форме (H^2_b) составляет 15 % (рисунок 8).

В насыщающих скрещиваниях F_2 , F_3 с сортами *M. × domestica* значительно ослаблено влияние генотипа *M. baccata* в наследовании массы плодов. Гибридов с плодами типа ранетка в этих группах 10–12 %, с плодами более 50 г – от 18 до 37 %. Часть гибридов имеет плоды крупнее, чем у исходных форм. Для низкогорья Алтая обе группы перспективны для получения сравнительно крупноплодных сортов. В F_3 наследование массы плода идет по материнской линии (H_a^2 – 18 %), у гибридов F_4 выявлено практически равноценное влияние материнской (H_a^2 – 14 %) и отцовской исходных форм (H_b^2 – 17 %).

Гибриды в группах от межсортовых скрещиваний алтайских и сибирских сортообразцов ($F_2 \times F_3$, $F_2 \times Co$, $F_3 \times F_2$, $F_3 \times F_3$, $F_3 \times Co$, $Co \times F_2$, $Co \times F_3$) по массе плодов занимают промежуточное положение между вторым и третьим поколением сибирской ягодной яблони. Гетерозиготность исходных форм обеспечивает выщепление гибридов со средней массой плодов от 3,0 до 175 г. Наличие от 16 до 30 % гибридов с массой плодов более 50 г свидетельствует о перспективности этих групп скрещивания в селекции при тщательном подборе исходных форм. Коэффициент наследуемости массы плодов в них по материнской линии H_a^2 составляет от 4 ($F_3 \times Co$) до 24 % ($F_3 \times F_2$).

Во всех группах (кроме $F_1 \times Malus \times domestica$) выявлено проявление в гибридном потомстве положительной трансгрессии по массе плода.

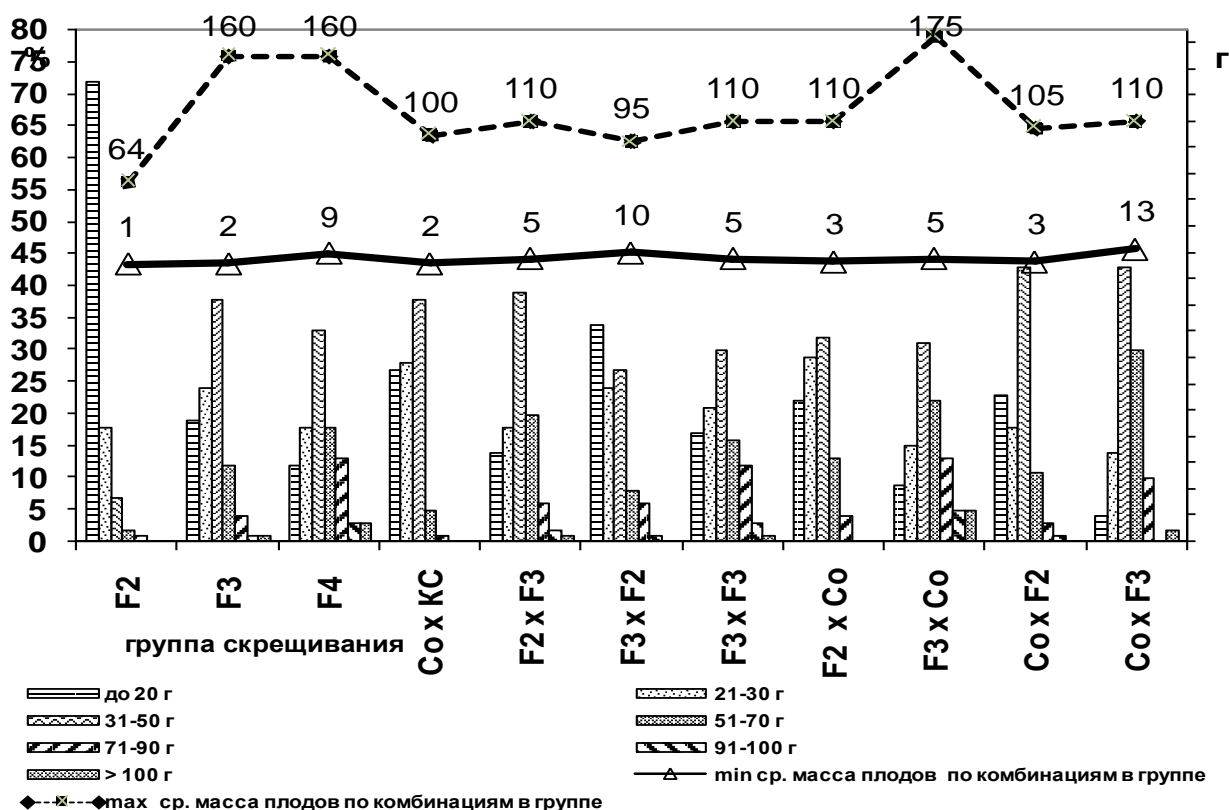


Рисунок 8 – Расщепление гибридов яблони по массе плодов

Для получения сравнительно крупноплодных сортов в низкогорье Алтая в насыщающих скрещиваниях в качестве материнских исходных форм целесообразно использовать высокозимостойкие сорта алтайской, сибирской и уральской селекции. В межсортовых скрещиваниях высокая результативность

получена с сортами и гибридами F₃. В низкогорье Алтая доноры признака: Алтайское пурпуровое, Горный синап, Ермаковское горное, Пепинка алтайская, Толунай, 11-61-295, 1-63-4909, 4-65-4869, 4-65-7890, 2-76-11281; источники: Со-81-907, 12-82-1816, 3-84-3607, 9-87-4996.

5.4. Наследование вкуса плодов

Создание сортов с плодами хорошего вкуса и высокой зимостойкостью для условий Сибири – весьма сложная задача, учитывая необходимость вовлечения в селекционный процесс зимостойкого вида *M. baccata* и его потомков F₁ с плодами неудовлетворительного вкуса.

В F₂ сибирской ягодной яблони преобладают гибридные сеянцы с плохим (57 %) и посредственным вкусом (41 %) (рисунок 9). Отдельные сеянцы хорошего вкуса имеются в семьях Лалетино × Боровинка, 22-74-11770 × Орлик.

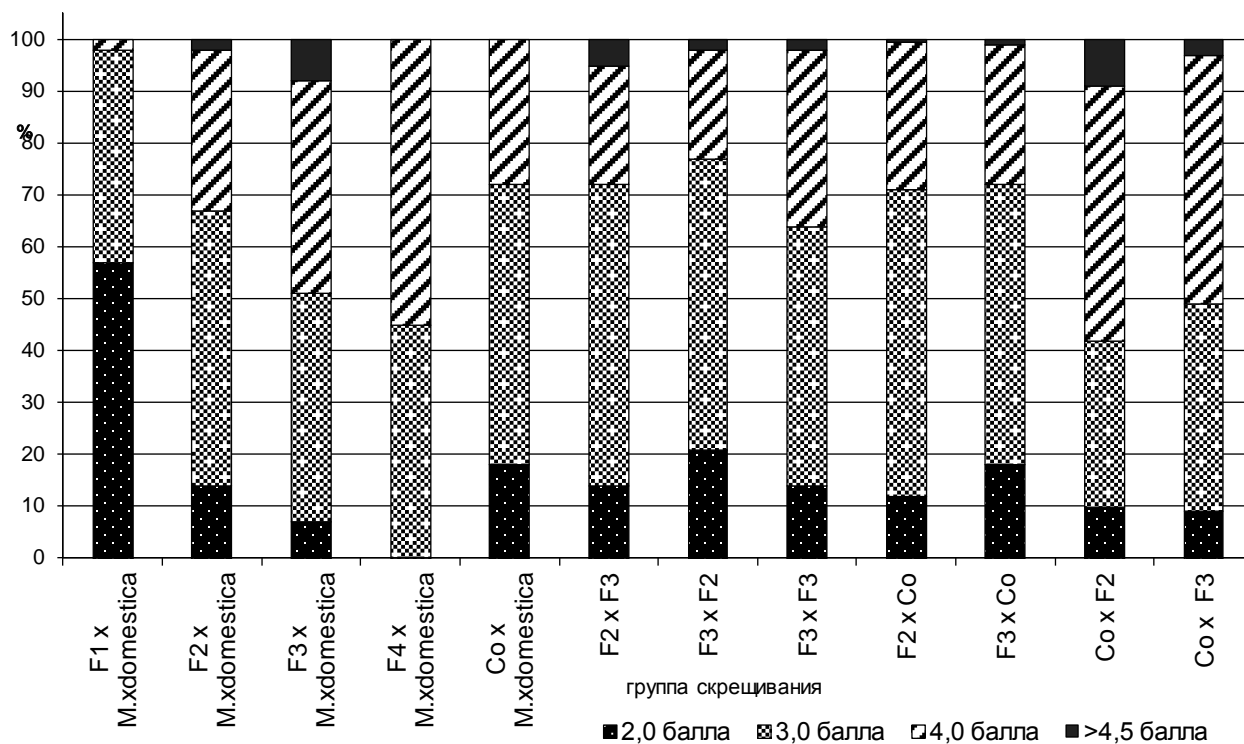


Рисунок 9 – Расщепление гибридов яблони по вкусу плодов

В F₃ сибирской ягодной яблони сеянцы с хорошим вкусом есть во всех семьях (от 12 до 83 %). Наибольшее их количество в комбинациях скрещивания Алтайский голубок × Фолвел (51 %), при скрещивании сорта Горноалтайское с сортами Бельфлер-китайка (42 %), Зимнее полосатое (83 %), Мезенское (46 %), Новинка (43 %), Орловское полосатое (57 %), Фетовское (62 %), OR48T47 (55 %), (OR48T47 + OR40T43), Спорт метла × Фолвел (47 %), 2-37-836 × (Грушовка московская + Белый налив + Китайка золотая) (43 %). Влияние исходных родительских форм на наследование гибридами вкуса плодов равноценно. В F₃ отобраны сорта Алтайское пурпуровое, Татанаковское и 20 отборных и элитных форм, сочетающие хороший и очень хороший вкус с другими ценными хозяйственно-полезными признаками.

Распределение гибридов по вкусу плодов в группе F_4 практически такое же, как и в F_3 с возрастанием доли гибридов очень хорошего вкуса до 8 %. Результативны комбинации скрещивания 1-63-1046 × (OR48T47 + OR40T43) (68 %), Ермаковское горное × (OR48T47 + OR40T43) (52 %), 1-63-4909 × Северный синап (40 %), Ермаковское горное × Орлик (43 %). В этих же семьях от 2 до 6 % гибридов имели очень хороший вкус плодов, а в семье Сюрприз Алтай × Фетовское доля таких гибридов составила 16 %. В F_4 получены сорта Горный синап, Поклон Шукшину и Шушенское и более 130 отборных и элитных форм с плодами хорошего и очень хорошего вкуса. Наследование вкуса в F_4 идет по отцовской линии (коэффициент наследуемости по отцу H^2_b – 13 %, по матери H^2_a – 6 %).

О перспективности реципрокных скрещиваний алтайских сортов свидетельствует возможность отбора гибридов с хорошим (21–49 %) и очень хорошим вкусом (2–9 %). От скрещивания сортов НИИСС получены сорта Баяна, Ермаковское горное, Сурхурай. Среди сеянцев от свободного опыления сортообразцов генофонда НИИСС получен сорт Толунай и более 80 элитных и перспективных форм.

Доля гибридов с хорошим вкусом плодов выше в комбинациях, где материнская или отцовская исходная форма являются донором или источником данного признака: Алтайское крапчатое, Алтайское пурпуровое, Баяна, Горноалтайское, Ермаковское горное, Сувенир Алтай, Толунай, Феникс алтайский. В реципрокных скрещиваниях лучшие результаты получены с родительскими исходными формами F_3 .

5.5. Оценка биохимического состава плодов сортов и отборных форм яблони

Плоды сортов сибирской и алтайской селекции выгодно отличаются богатым биохимическим составом плодов от сортов, полученных за рубежом и в европейской части России.

Очень высоким содержанием растворимых сухих веществ (РСВ) в плодах характеризуются сорта Алтайское сладкое и Северянка от 20,5 до 20,7 %; высоким: 32 сорта – от 16,1 (Алтайское раннее) до 19,5 % (Алтайское багряное и Зимний шафран), средним: 35 сортов – от 12,1 (Павлуша, Чупинское) до 14,7% (Алтайская боровинка, Алтайское десертное, Барнаульское раннее, Заветное); менее 12 % в плодах сортов Алтайское юбилейное и Скороспелка алтайская.

Сорта Алпек, Алтайское бархатное, Алтайское новогоднее, Алтайское румяное, Алтайское сладкое, Горноалтайское, Золотая тайга, Пепинка алтайская способны накапливать в плодах сахаров более 15 %. Высокое содержание сахаров в плодах у 59 сортов: от 10,0 (Сурхурай) до 14,9 % (Алтайское багряное, Жебровское). В селекции яблони на высокое содержание сахаров в плодах источниками признака могут служить 67 (94 %) сортов алтайской селекции.

Плоды сортов НИИСС характеризуются высоким содержанием титруемых кислот. Очень высокое их содержание (более 1,0 %) отмечено в плодах 34 сортов, высокое (0,51–1,0 %) в плодах 34 сортов и среднее (0,2–0,5 %) в плодах сортов Алтайское раннее, Алтайское сладкое, Осеннее солнышко. Считаем целесообразным при оценке кислотности плодов яблони добавить градацию «очень

низкое содержание» (менее 0,3 %) и изменением границ показателя в группе «низкое содержание» – 0,31–0,55 (0,6), «среднее» – 0,56–0,75 %, «высокое» – 0,76–1,1 %, «очень высокое» – более 1,1 %.

Наши исследования подтверждают выявленные ранее другими авторами прямые корреляции между содержанием в плодах растворимых сухих веществ и содержанием сахаров ($r = 0,64$); между содержанием сахаров и содержанием аскорбиновой кислоты ($r = 0,32$); между титруемой кислотностью плодов и содержанием аскорбиновой кислоты ($r = 0,42$).

Обратные корреляции установлены между средней массой плодов и содержанием РСВ ($r = -0,41$); средней массой плодов и содержанием в них сахаров ($r = -0,38$); средней массой плодов и титруемой кислотностью плодов ($r = -0,31$). Сопряженность химического состава плодов со сроком их созревания не выявлена.

Нами проведена оценка биохимического состава плодов элитных и отборных форм яблони, используемых в качестве исходных форм. Высоким содержанием в плодах РСВ выделяются сортообразцы Ранетка пурпуровая – 18,9 %, Баяна – 15,3 %, Исток (10-06-04 [Толунай × (Арбат + Джин + КВ-86 + КВ-87 + КВ-89)]) – 15,6 %, Пепинка алтайская – 18,9 %, Толунай – 15,2 %, Феникс алтайский – 17,2 %, 1-63-4909 – 16,8 %, 12-63-1757 (Спорт Метла × Фольвиль) – 17,1 %, 12-63-1786 (Спорт Метла × Фольвиль) – 17,5 %, 4-65-7869 [Пепинка алтайская × (Пепин шафранный + Бельфлер-китайка + Уэлси)] – 15,3 %, 2-76-11281 (Пепинка алтайская × SR0523) – 15,5 %, 7-95-3 (2-76-281 × Мезенское) – 15,7 %, 4-06-95 (Алтайское пурпуровое × Пепинка алтайская) – 15,0 %, 9-06-7 (Толунай × Пепинка алтайская) – 15,9 %. В качестве исходных родительских форм рекомендуем привлекать сортообразцы с высоким содержанием РСВ. Сортообразцы Ранетка пурпуровая, Пепинка алтайская, Толунай, Алтайское пурпуровое хорошо передают признак гибриднему потомству.

Среднее содержание РСВ (12,1–14,9 %) имеет 66 % изученных сортообразцов. Более 14 % РСВ накапливается в плодах форм: Ордын (народная селекция), 1-63-1046 (Алтайский голубок × Фольвиль), 7-63-1563, 7-63-1587 (8-39-279 × Уэлси), 12-63-1715, 12-63-1757 (Алтайский голубок × Фольвиль), 4-65-7809, 4-65-7823 [Пепинка алтайская × (Пепин шафранный + Бельфлер-китайка + Уэлси)], 4-73-9288 (Горноалтайское × Уэлси), 12-82-1816 [Ермаковское горное × (OR48T47 + OR40T43)], 1-87-4623 (Горноалтайское × Феникс алтайский), 7-95-2, 7-95-4 (2-76-281 × Мезенское), 10-03-278 (2-76-11281 × Орлик), 16-03-291 (2-76-11281 × Жигулевское), 20-05-10, 20-05-12 (Со Горный синап), 11-06-7, 11-06-10 [Толунай × (Шушенское + 12-82-1816)]. В качестве исходных родительских форм рекомендуем привлекать сортообразцы с высоким содержанием сухих растворимых веществ, т.к. среди гибридов четвертого поколения выделяем формы с высоким значением признака.

По содержанию суммы сахаров в плодах (14,2–14,7%) выделяются сортообразцы 12-63-1757 (Спорт Метла × Фольвиль), 9-06-7 (Толунай × Пепинка алтайская), которые практически могут быть отнесены к формам с очень высоким их содержанием. Высокое количество сахаров в плодах (10,1–14,0%) способны накапливать 59 % сортообразцов. Более 13 % сахаров содержат плоды форм 1-87-4623 (Горноалтайское × Феникс алтайский), 7-95-2, 7-95-3 (2-76-281 × Мезенское),

4-06-95 (Алтайское пурпуровое × Пепинка алтайская), более 12 % – Ранетка пурпуровая, Алтайское пурпуровое, Толунай, Феникс алтайский, 7-63-1563, 7-63-1592 (8-39-279 × Уэлси), 12-63-1786 (Алтайский голубок × Фольвиль), 7-82-983 (Ермаковское горное × Алтайское пурпуровое), 12-82-1816 [Ермаковское горное × (OR48T47 + OR40T43)], 16-83-2415 Ермаковское горное × Сувенир Алтай), 7-95-4 (2-76-281 × Мезенское), 9-87-4919 (Ермаковское горное × Орлик), более 11 % – Баяна, Горный синап, Ермаковское горное, Шушенское, 11-61-295 (Горноалтайское × Бельфлер-китайка), 1-63-1046, 1-63-4909 (Алтайский голубок × Фольвиль), 4-6562 [Пепинка алтайская × (Пепин шафранный + Бельфлер-китайка + Уэлси)], 4-73-9288 (Горноалтайское × Уэлси), 2-76-11281 (Пепинка алтайская × SR0523), 7-82-921 (Ермаковское горное × Алтайское пурпуровое), 19-82-1536, 19-82-1574 [1-63-1046 × (OR48T47+OR40T43)], 9-87-4932, 9-87-4996 (Ермаковское горное × Орлик), Ордын, Со-03-88 (Со Алтайское пурпуровое), 16-03-290, 16-03-301 (2-76-11281 × Фетовское), 20-05-2, 20-05-12 (Со Горный синап), 11-06-7 [Толунай × (Шушенское + 12-82-1816)], Со-06-к4 (Со Президент), Исток (10-06-4), Маяк (10-06-6) [Толунай × (Арбат + Джин + КВ-86 + КВ-87 + КВ-89)].

Изученные сортообразцы существенно различаются по титруемой кислотности плодов. Очень высокое содержание (более 1,0%) титруемых кислот в плодах 28 сортообразцов – (23 %) от 1,02 (4-65-7869) до 1,79 % (Ранетка пурпуровая). Среднее содержание в плодах титруемых кислот (0,2-0,5%) имеет 15 % сортообразцов: Толунай, Маяк (10-06-6) [Толунай × (Арбат + Джин + КВ-86 + КВ-87 + КВ-89)], 7-82-877, 16-83-2415, 9-87-4919, 9-87-4932, 9-87-4996 (Ермаковское горное × Орлик), 16-87-5596, 4-95-1 (2-76-11300 × Жигулевское), Со-03-98 (Со Алтайское пурпуровое), 2-03-350 (2-76-11300 × Фетовское), 10-03-254, 10-03-256, 10-03-268, 10-03-284 (2-76-11281 × Орлик), 16-03-301 (2-76-11281 × Жигулевское), 8-06-4 (Толунай × Горный синап). Привлечение в насыщающие и межсортовые скрещивания сортообразцов с пониженным и средним содержанием титруемых кислот в плодах делает возможным снизить кислотность плодов и выделить отборные формы с десертным вкусом.

Содержание пектина в плодах изученных сортообразцов в низкогорье Алтая варьирует от 0,5 (7-82-907, 19-82-1536, 9-06-7) до 1,7 % (4-03-337) на сырую массу. Сумма пектиновых веществ составляет от 0,9 (7-82-907, Со-06-1894) до 2,3 % (6-03-213) на сырую массу. Менее 1,0 и более 2,0 % пектина содержат от 5 до 2 % сортообразцов соответственно. Основная часть сортообразцов, как и исходные формы, содержат в плодах пектиновых веществ от 1,1 до 1,5 % на сырую массу.

5.6. Наследование гибридами яблони окраски плодов

В 78 % комбинациях скрещивания выщепляются гибриды со сплошной окраской плодов, в виде румянца и без покровной окраски, что свидетельствует о гетерозиготности исходных родительских форм. Как правило, в семьях всех групп больше формируется гибридов с плодами, которые покрывают румянцы разной интенсивности.

В группе, где обе родительские формы имеют сплошную покровную окраску, формируется около 46 % гибридов со сплошной окраской и 46 % с румянцем, без покровной окраски – 8 % гибридов.

Установлено, что гомозиготными доминантами по признаку сплошной покровной окраски плода являются сорта Алтайское юбилейное, Алтайское пурпуровое, Алтайское крапчатое и элитные формы 4-65-6562, 4-65-7869, 4-65-7890, 20-76-11300. В комбинациях с их участием получено 84–100 % гибридов со сплошным румянцем. Доминантная роль покровной окраски плода прослеживается во всех комбинациях, в том числе и в тех, где обе исходные формы имеют плоды без покровной окраски, но в их происхождении участвовали яркоокрашенные сорта Таежное и Розмарин феникс.

Гибриды с зелеными и желтыми плодами выщепляются во всех группах скрещивания. Наибольшее их количество выделено в комбинациях скрещивания сортообразцов Ермаковское горное, Алтайское раннее, 7-63-3662, Со-61-632 с сортом Феникс алтайский (33–58 %), Пепинка алтайская × Фетовское (47 %), Спорт метла × Победа (41 %), Ермаковское горное × 1-63-4909 (38 %), 11-61-295 × Ермаковское горное (32%), 22-74-11633 × (OR48T47 + OR40T43) (31 %).

Донорами сплошной покровной окраски плодов являются сортообразцы Алтайский голубок, Алтайское крапчатое, Алтайское пурпуровое, Алтайское юбилейное, Горноалтайское, Пепинка алтайская, 11-61-295, 4-65-7823, 4-65-6562, 4-65-7869, 4-65-7890, 2-76-11300, Новинка, Память воину, Орлик, Орловское полосатое, Kvinti. Сорт Феникс алтайский хорошо передает гибриднему потомству светлую окраску плодов.

5.7. Наследование сроков созревания плодов в гибридном потомстве яблони

В государственный Реестр селекционных достижений по 10 и 11 регионам допущено к использованию 72 сорта яблони уральской и сибирской селекции (Госреестр селекционных достижений..., 2017), из которых 40 % имеют плоды летнего срока созревания, 42 % – осеннего срока и лишь 17 % сортов имеет зимний срок созревания плодов.

Ввиду отсутствия сортов ультрараннего срока созревания и малого количества сортов осеннего срока созревания, плоды которых способны храниться, необходимо усилить работу в этих направлениях. Ценным качеством сортов в условиях короткого вегетационного периода является сочетание в генотипе признаков раннего созревания плодов (осеннего, I–II декада сентября) и продолжительного периода хранения, так как именно сортообразцы зимнего срока созревания в низкогорье Алтая и в Сибири сильнее подвержены воздействию критических факторов зимнего периода, особенно в его начале.

Единичные сортообразцы с ультраранним сроком созревания (25 июля–5 августа) выделены в комбинациях Ермаковское горное × Феникс алтайский, Толунай × смесь пыльцы колонновидных сортов, 2-76-11300 × Жигулевское, 2-76-11281 × Мезенское.

Полигибридное происхождение сортов НИИСС, в происхождении которых участвовали сорта Пепин шафранный (Алтайский голубок, Горноалтайское, Пе-

пинка алтайская), Розмарин феникс (Ермаковское горное), Бельфлер-китайка (11-61-295), Уэлси (Алтайское крапчатое), с зимним сроком созревания плодов обеспечивает выщепление сортообразцов с зимним сроком потребления плодов во всех группах скрещивания. Распределение гибридов по срокам созревания в комбинациях неравноценно. Результативными по доле гибридов с зимним сроком созревания плодов (более 40 %) являются комбинации скрещивания: Алтайское пурпуровое × Ермаковское горное (45%), сорта Алтайское юбилейное с сортами Алтайское пурпуровое, Сувенир Алтая, Феникс алтайский (56–67 %), Горноалтайское с сортами Новинка, Память воину, Фетовское, OR40T43, SR0523 (44–80 %), сорта Ермаковское горное с сортами Алтайское пурпуровое, Сувенир Алтая, Феникс алтайский и смесью пыльцы OR48T47+OR40T43 (42–62 %), Татанакское × Феникс алтайский (52 %), 11-61-295 с сортами Алтайское крапчатое, Алтайское пурпуровое, Феникс алтайский (45–74 %), 1-63-1046 × OR48T47 + OR40T43 (66 %), 1-63-4909 с сортообразцами Ермаковское горное, Северный синап, 1-63-1046 (49-76 %), 22-74-11770 × Орлик (70 %).

Выделены собственные источники продолжительного хранения плодов до 270 дней: 3-84-3607 (Горноалтайское × OR48T47), 9-87-4996 (Ермаковское горное × Орлик).

ГЛАВА 6. МЕТОД ПОЛИПЛОИДИИ В СЕЛЕКЦИИ ЯБЛОНИ

Для многих культурных растений полиплоидия является «фундаментом» эволюции, а человечество питается в основном продуктами растительной полиплоидии (Жуковский, 1965). Преимущество полиплоидов неоспоримо. В сравнение с диплоидными сортами их триплоидные аналоги имеют повышенные хозяйственно-биологические характеристики (Sansome F.W., 1933; Sedov, 2013).

Неотъемлемой составляющей метода полиплоидии в селекции яблони является весьма трудоемкий цитологический контроль на всех этапах работы. С целью совершенствования метода, расширения возможности его использования селекционером мы провели оценку гибридных популяций от гетероплоидных скрещиваний в селекционной школке по выявлению сопряженности полиплоидного набора хромосом с морфологическими признаками, которые позволят на ранних этапах онтогенеза идентифицировать триплоидные растения без сплошного цитологического скрининга.

Работа проведена по признакам: плоидность, толщина листовой пластинки, индекс листа, степень культурности сеянца, степень поражения паршой, длина черешка листа, длина прилистника, ширина прилистника. Выявлена сопряженность полиплоидного (триплоидного) набора хромосом с толщиной листа, индексом листа, степенью культурности и по отдельным семьям – со степенью поражения паршой. Для облегчения анализа в работе мы охарактеризовали эту сопряженность – связь I порядка (рисунок 10). Связь II порядка (значимая корреляция с признаком имеющего связь I порядка с полиплоидным набором хромосом) степень культурности/степень поражения паршой и индекс листа, толщина листа/индекс листа, степень поражения паршой и длина прилистника, индекс листа/длина черешка листа.

Установлена связь I порядка полиплоидный набор хромосом/ширина прилистника, ширина прилистника/длина прилистника, а также связи III порядка (значимая корреляция между признаками, не связанными с полиплоидным набором хромосом), а именно длина черешка/длина прилистника и степень культурности. Выявленными связями между морфологией черешка листа и прилистников с полиплоидным набором хромосом гибрида и связями III порядка в дальнейшей работе по отбору гибридов в селекционном питомнике по морфологическим признакам можно пренебречь.

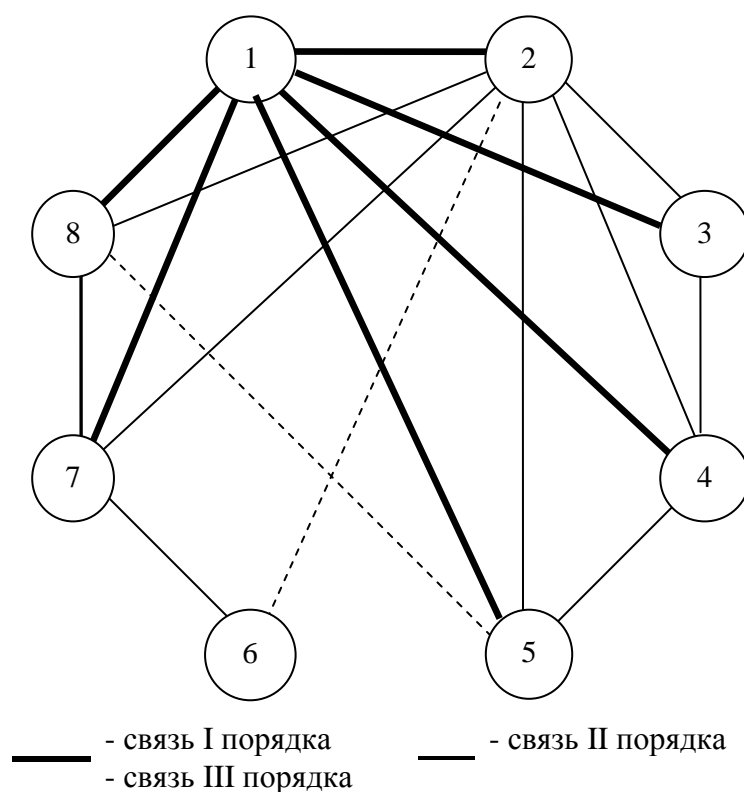


Рисунок 10 – Сопряженность признаков в различных гибридных популяциях сорт × донор диплоидных гамет, где 1 – плоидность, 2 – толщина листа, 3 – индекс листа, 4 – степень культурности, 5 – степень поражения паршой, 6 – длина черешка листа, 7 – длина прилистника, 8 – ширина прилистника

В селекционном питомнике из гибридов яблони от гетероплоидных скрещиваний по морфологическим признакам можно идентифицировать сеянцы с триплоидным набором хромосом в диапазоне 14–30 % от их общего количества и в зависимости от исходных форм от 11 до 90 %. Цитологическая оценка кариотипов, отобранных по комплексу морфологических признаков для подтверждения статуса триплоида необходима, но в существенно меньшем объеме.

В комбинациях алтайских сортообразцов с генетически разнородными донорами диплоидных гамет по комплексу морфологических признаков с дальнейшим цитологическим скринингом выделено 298 форм с триплоидным набором хромосом. В комбинациях с материнскими исходными формами Алтайское пурпуровое, Горноалтайское, Пепинка алтайская, Толунай идентифицировано 8 тетраплоидных форм. На основании полученных результатов можно предположить,

что сорта сибирской селекции и НИИСС способны к частичному формированию зародышевых мешков с диплоидным набором хромосом.

В селекции яблони на полиплоидном уровне при идентификации сеянцев с триплоидным набором хромосом на ранних этапах внутри гибридной популяции рекомендуем экспресс-метод отбора по комплексу морфологических признаков, сопряженных с триплоидным набором хромосом гибрида: толщина листа, индекс листа, степень культурности.

ГЛАВА 7. РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ЯБЛОНИ В НИЗКОГОРЬЕ АЛТАЯ

7.1. Селекционный процесс яблони и возможные пути его ускорения в низкогорье Алтая

На основе анализа данных по селекции яблони, полученных результатов, требований к новым сортам и возможных достижений в селекции культуры разработана модель сорта универсального назначения (таблица 2).

Таблица 2 – Модель сорта яблони универсального назначения для юга Западной Сибири

Хозяйственно-полезный признак сорта	Показатель сортов, 2017 г.	Уровень признака 2030 г.	
		экстенсивная технология	интенсивная технология
Площадь питания, м ²	15-20	15-20	2,1
Плотность посадки, шт./га	416/666	416/666	4800
Урожайность, т/га	6,0-8,0	12-15	25-30
Степень подмерзания в особо суровые зимы не более, балл	2,0-3,0	2,0	2,0
Восстановительная способность после подмерзания	высокая	высокая	высокая
Возраст вступления в плодоношение, лет	3-4	3-4	2-3
Поражение паршой не более, балл:			
– плодов	0-2,0	0,0	0,0
– листьев	2,0	0,5	0-0,5
Средняя масса плода, не менее, г	60,0-70,0	80,0	80,0
Дегустационная оценка плодов, балл	3,5-4,5	4,5	4,0-4,5
Содержание в плодах:			
- сухих растворимых веществ, %	10,0-12,0	12,5-14,0	12,5-14,0
– сахаров, не менее, %	10,0	11,0-13,0	11,0-13,0
– кислот, не более, %	1,0	0,4-0,8	0,4-0,8
– витамина С, не менее, мг%	15-25	25	25
– витамина Р, не менее мг%	300	300-500	300-500
– пектиновых веществ, не менее, %	1,0	1,2	1,2
Продолжительность хранения плодов зимнего срока потребления, дней	до 180	150-180	до и более 180
Дегустационная оценка продуктов переработки, балл	4,0	4,5-5,0	4,5-5,0
Высота дерева на семенном подвое, м	3,5-4,0	3,0-3,5	2,5-3,0

Рассмотрены возможные потери и различные этапы выбраковки гибридного материала до момента посадки на постоянное место в селекционный сад.

7.2. Хозяйственно-биологическая характеристика новых сортов и перспективных сортообразцов яблони

Горный синап [1-63-4909 (Алтайский голубок × Фолвел) × Северный синап] – Авторы: Н.В. Ермакова, И.П. Калинина, З.С. Ящемская, С.А. Макаренко. Включен в Госреестр и допущен к использованию по Западно-Сибирскому региону в 2009 г. Зимостойкость и устойчивость к парше высокая. Скороплодный. Дерево среднерослое. Средняя урожайность 12,3 т/га. Тип плодоношения смешанный. Плод округло-цилиндрический, слаборебристый, средняя масса 97 г, максимальная 170 г. Основная окраска золотисто-желтая, покровная размытый буровато-красного цвета румянец. Мякоть белая, средней плотности, мелкозернистая, сочная. Плоды отличного вкуса 4,7 баллов, с пряным ароматом. В плодах содержится 12,4 % сухих веществ, 10,9 % сахаров, 1,1 % кислот, 13,2 мг% витамина С. Съемная зрелость наступает в третьей декаде сентября, плоды хранятся до марта.

Поклон Шукшину [(Ермаковское горное × (OR48T47+OR40T43)] – авторы: И.П. Калинина, Н.В. Ермакова, З.С. Ящемская, С.А. Макаренко. Включен в Госреестр и допущен к использованию по Западно-Сибирскому региону в 2013 г. Зимостойкость средняя, устойчивость к парше высокая. Скороплодный. Дерево среднерослое. Средняя урожайность 11,6 т/га. Тип плодоношения смешанный. Плоды уплощенные усеченно-конической формы, средняя масса 80 г, максимальная 140 г. Основная окраска зеленоватая, покровная на большей части плода интенсивная размытая, малинового цвета с более темными штрихами. Мякоть кремовая, средней плотности, крупнозернистая, сочная. Плоды хорошего вкуса 4,0 балла. В плодах содержится 12,4 % сухих веществ, 10,2 % сахаров, 0,63 % кислот, 9,8 мг% витамина С. Период потребления плодов 2 месяца.

Шушенское [(Ермаковское горное × (OR48T47+OR40T43)] – авторы: И. П. Калинина, Н. В. Ермакова, З. С. Ящемская, С. А. Макаренко. Включен в Госреестр и допущен к использованию по Западно-Сибирскому региону в 2013 г. Зимостойкость средняя, устойчивость к парше высокая. Скороплодный. Дерево среднерослое. Средняя урожайность 11,8 т/га. Тип плодоношения смешанный. Плоды округлые, скошенные, средняя масса 80 г, максимальная 110 г. Основная окраска зеленовато-белая, покровная – красный интенсивный румянец на большей части плода. Мякоть белая с розоватыми включениями, средней плотности, нежная, мелкозернистая, сочная. Плоды хорошего вкуса 4,5 балла. В плодах содержится 13,2 % сухих веществ, 10,5 % сахаров, 0,8 % кислоты, до 25,2 мг/100г витамина С. Съемная зрелость плодов во второй декаде августа, период потребления до 30 дней.

Элитные формы:

Восток (10-06-9) [Толунай × (Арбат + Джин + КВ-86 + КВ-87 + КВ-89)]. Авторы С.А. Макаренко, З.С. Ящемская. Зимостойкая, скороплодная, устойчивая к парше форма. Дерево быстрорастущее, естественный полукарлик с компактной формой кроны (узкопирамидальная). Тип плодоношения преимущественно кольчаточный. Плоды крупные правильной округлой формы, широкоребристые, глад-

кие. Средняя масса плодов 120 г, максимальная 140 г. Основная окраска зеленовато-желтая, покровная отсутствует. Мякоть белая, плотная, мелкозернистая, сочная. Вкус хороший (4,4 балла), кисло-сладкий с ароматом. Съемная зрелость плодов наступает в I декаде сентября. Период потребления до 90 дней.

Исток (10-06-4) [Толунай × (Арбат + Джин + КВ-86 + КВ-87 + КВ-89)]. Авторы С.А. Макаренко, З.С. Ящемская. Зимостойкая, скороплодная, устойчивая к парше форма. Дерево быстрорастущее, естественный карлик с компактной формой кроны (узкопирамидальная). Тип плодоношения преимущественно кольчаточный. Плоды крупные, плоско-округлой формы, средняя масса плодов 85 г, максимальная 110 г. Основная окраска зеленовато-желтая, покровная на большей части плода интенсивная размытая темно-красного цвета. Мякоть белая, средней плотности, мелкозернистая, сочная. Вкус хороший (4,2 балла), кисло-сладкий с ароматом. В плодах содержится 15,6 % сухих веществ, 11,9 % сахаров, 0,8 % титруемых кислот, 9,2 мг/100 г витамина С. Период потребления 2 месяца.

Маяк (10-06-6) [Толунай × (Арбат + Джин + КВ-86 + КВ-87 + КВ-89)]. Авторы С.А. Макаренко, З.С. Ящемская. Зимостойкая, скороплодная, устойчивая к парше форма ультрараннего срока созревания. Дерево полукарликовое с компактной кроной (узкопирамидальная). Тип плодовых образований простые и сложные кольчатки, плодовые сумки. Плоды крупные, правильной усеченно-конической формы, слаборебристые, бугорчатые. Средняя масса плодов 95 г, максимальная 123 г. Основная окраска золотисто-желтая, покровная – размытая красная по всему плоду с темно-красными полосами. Мякоть кремоватая, средней плотности, нежная, мелкозернистая, сочная. Вкус хороший (4,5 балла), кисло-сладкий с ароматом. В плодах содержится 13,6 % сухих веществ, 11,4 % сахаров, 0,54 % титруемых кислот, 11,4 мг/100 г витамина С.

Подарок Красноярску (3-06-2) [Алтайское пурпуровое × (Арбат + Джин + КВ-86 + КВ-87 + КВ-89)]. Авторы: С.А. Макаренко, З.С. Ящемская. Зимостойкая, скороплодная форма с полевой устойчивостью к парше. Дерево полукарликовое с компактной формой кроны (колонновидная). Тип плодоношения преимущественно кольчаточный. Плоды крупные, правильной округло-плоской формой, широкоребристые, слабо бугорчатые с напылом у плодоножки. Средняя масса 94 г, максимальная 125 г. Основная окраска зеленовато-белая (желтоватая), покровная – размытая розовая с темно-розовыми штрихами на 1/2 плода. Мякоть белая, с розовыми прожилками, средней плотности, нежная, мелкозернистая, очень сочная. Вкус хороший (4,2 балла), кисло-сладкий с сильным ароматом. В плодах содержится 11,3 % сухих веществ, 8,9 % сахаров, 0,8 % титруемых кислот, 4,6 мг/100 г витамина С. Съемная зрелость плодов наступает в конце III декады августа. Период потребления до 60–90 дней.

Лучевое (3-06-1) [Алтайское пурпуровое × (Арбат + Джин + КВ-86 + КВ-87 + КВ-89)]. Авторы: С.А. Макаренко, З.С. Ящемская. Форма зимостойкая, скороплодная, с высокой полевой устойчивостью к парше и компактной формой кроны (узкопирамидальная), естественный карлик. Тип плодоношения простые и сложные кольчатки. Плоды плоскоокруглой формы, средняя масса плодов 95 г, максимальная 110 г. Основная окраска зеленовато-желтая, покровная на большей части плода интенсивная размытая темно-красного цвета. Мя-

коть белая, средней плотности, мелкозернистая, сочная. Плоды хорошего кисло-сладкого вкуса 4,6 балла. Съемная зрелость плодов наступает в I декаде сентября. Период потребления плодов 3 месяца.

Аврора (3-06-8) [Алтайское пурпуровое × (Арбат + Джин + КВ-86 + КВ-87 + КВ-89)]. Авторы С.А. Макаренко, З.С. Ящемская. Зимостойкая, скороплодная и устойчивая к парше форма. Дерево быстрорастущее, карликовое с компактной кроной (узкопирамидальная), преимущественно кольчаточного типа плодоношения. Плоды крупные, правильной округло-плоской формы, широко-ребристые, слабобугорчатые. Средняя масса плодов 85 г, максимальная 115 г. Основная окраска зеленовато-желтая, покровная – размытый бордовый румянец по всему плоду. Мякоть белая, средней плотности, нежная, мелкозернистая, очень сочная. Вкус освежающий, хороший (4,4 балла), кисло-сладкий с ароматом. В плодах содержится 12,1 % сухих веществ, 7,7 % сахаров, 1,07 % титруемых кислот, 9,98 мг/100 г витамина С. Съемная зрелость плодов наступает в начале II декады сентября. Период потребления до 140 дней.

9-87-4996 (Ермаковское горное × Орлик). Авторы Н.В. Ермакова, И.П. Калинина, С.А. Макаренко, З.С. Ящемская. Среднезимостойкая, устойчивая к парше. Дерево быстрорастущее, естественный полукарлик. Форма кроны округлая. Преобладающий тип плодовых образований простые и сложные кольчатки (спуровый тип). Плоды правильной округло-плоской формы, гладкие. Средняя масса плодов 65 г, максимальная 80 г. Основная окраска зеленовато-желтая, покровная – размытый красно-розовый румянец по всему плоду. Мякоть белая, плотная, нежная, мелкозернистая, очень сочная. Вкус хороший (4,6 балла), кисло-сладкий с ароматом. В плодах содержится 13,6 % сухих веществ, 11,5 % сахаров, 0,54 % кислоты, 10,4 мг/100 г витамина С. Съемная зрелость плодов наступает во второй декаде сентября. Период потребления до 200 дней. Источник продолжительного хранения плодов.

3-84-3607 (Горноалтайское × OR48T47). Авторы Н.В. Ермакова, И.П. Калинина, С.А. Макаренко, З.С. Ящемская. Форма зимостойкая. Полевая устойчивость к парше высокая. Дерево быстрорастущее, естественный полукарлик, преимущественно кольчаточного типа плодоношения. Скороплодный. Плоды правильной округло-плоской формы, гладкие, средняя масса 80 г, максимальная 110 г. Основная окраска зеленовато-желтая, покровная – размытый румянец в виде загара. Мякоть белая, плотная, нежная, мелкозернистая, очень сочная, розовеющая к кожице. Вкус хороший (4,1 балла), кисло-сладкий с ароматом. В плодах содержится 12,5 % сухих веществ, 10,2 % сахаров, 0,72 % титруемых кислот, 9,2 мг/100 г витамина С, пектина 1,6 %. Съемная зрелость плодов наступает во второй декаде сентября. Период потребления до 240 дней. Источник продолжительного хранения плодов.

7.3. Экономическая эффективность возделывания сортов яблони

Критерием оценки качества сорта является высокая экономическая эффективность производства плодов. По данным А.И. Трунова (2010) выход продукции, обеспечивающий безубыточное производство плодов при схеме посад-

ки 6 × 4 м составляет 6,2 т/га. По результатам исследований урожайность сортов 11,8 т/га с массой плодов до 40 г. не обеспечивает достаточного уровня рентабельности производства в низкогорье Алтая (Макаренко, Кудашкин, 2017). Сорта Горноалтайское и Осенняя радость Алтая имеют низкие стоимостные показатели эффективности, что связано с мелкоплодностью, но возможно использовать плоды в качестве сырья для переработки, прибавочная стоимость которой обеспечит при высоких показателях содержания полезных веществ в плодах достаточную для ведения интенсивного расширенного воспроизводства рентабельность конечной продукции (Макаренко, Кудашкин, 2017).

Высокой экономической эффективностью производства плодов характеризуются новые сорта со средней массой плодов от 64 (Алтайское пурпуровое) до 96 г (Баяна, Горный синап) (схема посадки 6 х 4 м). Наибольшей экономической эффективностью характеризуется высокоурожайный, зимостойкий, устойчивый к парше сорт летнего срока созревания Толунай с повышенным качеством плодов с рентабельностью 128,2 % (таблица 3).

Таблица 3 – Экономическая эффективность производства плодов яблони

Сортообразец	Средняя урожайность, т/га	Цена реализации 1 т, тыс. руб.	Производственная себестоимость 1 т, тыс. руб.	Трудоемкость производства 1 т, чел-ч.	Прибыль от реализации 1 т, тыс. руб.	Уровень рентабельности, %	Окупаемость затрат, %
Алтайское пурпуровое - к	10,3	40	26,27	62,02	13,73	52,3	152,3
Баяна	12,3	40	22,06	52,28	17,94	81,3	181,3
Горный синап	12,3	50	22,06	52,28	27,94	126,7	226,7
Поклон Шукшину	11,6	40	22,41	52,40	17,59	78,5	178,5
Толунай	16,8	40	17,53	44,54	22,47	128,2	228,2
Шушенское	11,8	30	22,65	53,07	7,35	32,5	132,5

Каждый элемент характеристики сорта вносит свой вклад в эффективность производства плодов. Высокие экономические показатели у сортов осеннего и зимнего срока созревания плодов от 52,3 % у сорта Алтайское пурпуровое до 126,7 % у сорта Горный синап. За счет реализации плодов после основного сезона с использованием плодохранилищ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Планомерное совершенствование сортимента яблони в низкогорье Алтая возможно путем создания новых сортов методом географически отдаленных насыщающих и реципрокных скрещиваний. На основе обобщения результатов оценки генофонда яблони, определения частоты встречаемости признаков, выделения источников и доноров ценных свойств, анализа результатов межсортных и отдаленных скрещиваний, выделения новых

генотипов усовершенствованы научные основы селекции яблони в низкогорье Алтая, созданы новые адаптивные, урожайные, регулярно плодоносящие сорта с повышенным качеством плодов. Полученные результаты могут использовать селекционеры Урала, Сибири и Дальнего Востока.

2. Оценка генофонда яблони в низкогорье Алтая свидетельствует о том, что местные сорта превосходят все интродуцированные сортообразцы по адаптивности к условиям зимнего периода и устойчивости к парше, продуктивности, а сорта уральской и сибирской селекции – по качеству плодов.

3. В критические зимние периоды в полевых условиях выделены доноры и перспективные сортообразцы яблони для селекции на высокую зимостойкость, которые способны выдерживать без или с обратимыми повреждениями понижение температуры до $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$ в начале зимы (I компонент), до $-46\text{ }^{\circ}\text{C}$ в середине зимы (II компонент) и до $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ в конце зимнего периода (IV компонент).

Установлено, что в каждом последующем поколении от насыщающих скрещиваний зимостойкость снижается с 68 до 15 %, но возможно выщепление сеянцев по зимостойкости, не уступающие, а некоторые и превышающие лучшую родительскую форму, что подтверждает возможность получения генотипов, сочетающих высокую зимостойкость с другими хозяйственно-ценными признаками. Доказана перспективность насыщающих $F_2 \times M. \times domestica$, $F_3 \times M. \times domestica$ и реципрокных скрещиваний алтайских сортов и перспективных гибридов $F_2 \times F_3$, $F_3 \times F_2$, $F_3 \times F_3$ для создания зимостойких, сравнительно крупноплодных сортов с хорошим вкусом плодов.

4. Целенаправленный отбор в ряде последующих поколений сортов и форм с высокой полевой устойчивостью к парше позволяет эффективно вести селекцию яблони на признак. Доля гибридов с полевой устойчивостью к парше составляет до 91 % в полевых условиях и от 61 до 88 % на провокационном фоне. Получены сорта, выделены доноры и источники с полигенной устойчивостью к парше.

Доказана высокая эффективность привлечения в селекцию гетерозиготных доноров иммунитета к парше. Повышенный (от 59 до 99 %) выход устойчивых к парше гибридов достигается в комбинациях устойчивых к парше сортообразцов *M. baccata* 1/1, *M. baccata* 23/5, Алтайское пурпуровое, Баяна, Горноалтайское, Зимний шафран, Золотая тайга, Нежное забайкальское, Толунай, 3-84-3607, *M. baccata* 23/2, Пепинка алтайская с гетерозиготными донорами иммунитета *Rviб*: Свежесть, Максат, Заман, Болотовское, Первоуральская, Florina, Redfree, Prima, 30-47-88 (4х); *Rvi5*: 4-95-2, 6-95-1, 7-95-10; (*Rviб* + *Rvi17*): 12-82-1816.

5. Привлечение в селекционный процесс исходных форм со сдержанным ростом и независимое наследование признаков адаптивности позволило получить среднерослые и со сдержанным ростом сорта, генотипы с карликовой, полукарликовой и средней силой роста, преимущественно кольчаточным типом плодоношения и компактной формой кроны. В комбинациях скрещивания сортов Алтайское пурпуровое \times (Арбат + Джин + KB-86 + KB-87 + KB-89) и Толунай \times (Арбат + Джин + KB-86 + KB-87 + KB-89) выделены зимостойкие формы, устойчивых к парше, с компактной формой кроны и повышенным качеством плодов.

6. Последовательное привлечение скороплодных исходных форм (F_1 , F_2 , F_3 , *Malus baccata*) позволило создать гибридный фонд со средним возрастом вступления в плодоношение 7,2–9,7 лет и выделить скороплодные сорта. По сроку вступления в плодоношение гибридов в насыщающих скрещиваниях и от скрещивания сортообразцов алтайской селекции различий не выявлено.

7. Привлечение в гибридизацию урожайных сортов полукультурок и сортов *M. × domestica* позволило создать регулярно плодоносящие сорта со средней урожайностью 10,3–16,8 т/га. Источниками высокой урожайности и стабильного плодоношения являются сортообразцы со средней урожайностью 10,0 т/га и более или 23,0–24,0 кг с одного дерева: Алтайское пурпуровое, Алтайское раннее, Баяна, Горноалтайское, Горный синап, Ермаковское горное, Пепинка алтайская, Толунай, Феникс алтайский, Шушенское, 1-63-1046, 1-63-4909, 4-65-7869, 2-76-11281, 2-76-11300, 3-84-3607, 9-87-4996.

8. В наследовании массы плодов у гибридов в насыщающих скрещиваниях F_2 , F_3 , F_4 выявлено значительно ослабление влияния генотипа *M. baccata*, а часть гибридов имеет плоды крупнее, чем исходные формы. В селекции на массу плодов перспективны реципрокные скрещивания алтайских и сибирских сортообразцов ($F_2 \times F_3$, $F_2 \times Co$, $F_3 \times F_2$, $F_3 \times F_3$, $F_3 \times Co$, $Co \times F_2$, $Co \times F_3$), которые по массе плодов занимают промежуточное положение между вторым и третьим поколением сибирской ягодной яблони. Гетерозиготность исходных форм обеспечивает выщепление гибридов со средней массой плодов до 155 г.

9. При отборе на хороший вкус плодов наиболее результативными являются насыщающие скрещивания $F_2 \times M. \times domestica$ и $F_3 \times M. \times domestica$, с возрастанием доли гибридов с очень хорошим вкусом от единичных до 8 % в F_4 , среди которых выделены сорта Горный синап, Поклон Шукшину и Шушенское и более 130 отборных и элитных форм с плодами хорошего и очень хорошего вкуса. Реципрокные скрещивания алтайских и сибирских сортообразцов по вкусу плодов занимают промежуточное положение между F_2 и F_4 с долей гибридов с очень хорошим вкусом от 2 до 9 %. В группах скрещивания между сортами НИИСС получены сорта Баяна, Ермаковское горное, Сурхурай, среди сеянцев от свободного опыления – сорт Толунай и более 80 элитных и перспективных форм.

10. Полигибридное происхождение сортов алтайской селекции позволяет выделять в гибридном потомстве сортообразцы с плодами ультрараннего, осеннего и зимнего срока созревания плодов в сочетании с высокой адаптивностью, компактной формой кроны, а также собственные источники продолжительного периода хранения плодов с комплексом других хозяйственно полезных признаков.

11. Для идентификации триплоидных сеянцев на ранних этапах онтогенеза внутри гибридной популяции гетероплоидных скрещиваний рекомендуем экспресс-метод, основанный на сопряженности тройного набора хромосом и комплекса морфологических признаков: *толщина листа / индекс листа / степень культурности*.

12. По результатам генетического анализа гибридного фонда изучена способность исходных форм в передаче гибридному потомству хозяйственно-

биологических признаков, а также выделены и рекомендованы источники и доноры.

13. Созданы новые высокопродуктивные сорта, элитные и отборные формы, которые характеризуются высокой зимостойкостью в критические зимние периоды, устойчивостью к парше, сдержанным, карликовым и полукарликовым ростом, преимущественно с кольчаточным типом плодоношения, компактной формой кроны, повышенным качеством и биохимическим составом плодов. В низкогорье Алтая экономически эффективно возделывание сортов яблони с массой плодов более 60 г. Рентабельность возделывания сортов составляет от 52,3 (Алтайское пурпуровое) до 128,2 % (Толунай).

Рекомендации производству и селекционерам

1. В селекции на зимостойкость необходимо учитывать филогению и климатические условия формирования генотипа исходной материнской формы. В насыщающие и особенно межсортные скрещивания желательно привлекать адаптивные сортообразцы с повышенным качеством плодов.

2. В селекцию сортов с высокой устойчивостью к парше в качестве материнских исходных форм необходимо привлекать только высокоустойчивые сортообразцы. В процессе превентивной селекции возможно привлечение высокозимостойких форм, но недостаточно устойчивых к парше. В качестве источников полевой (полигенной) устойчивости к парше рекомендуем использовать материнские исходные формы *Malus baccata* 1/1, *Malus baccata* 23/2, *Malus baccata* 23/5, Алтайское пурпуровое, Алтайское багряное, Баяна, Горноалтайское, Зимний шафран, Золотая тайга, Нежное забайкальское, Пепинка алтайская, Сувенир Алтая, Толунай, Со-81-907, 3-84-3607, 9-87-4996, а также отцовские – Ароматное, Апорт АС, Белорусский синап, Баяна, Восход, Жаркын, Маки Победы, Наследница юга, Память есаулу, Салют Крыму, Талида, Фея, Braeburn, Golden B, 25-37-45 (4x), гетерозиготные доноры иммунитета *Rvi6*: Свежесть, Максат, Заман, Болотовское, Первоуральская, Florina, Redfree, Prima, 30-47-88 (4x); *Rvi 5*: 4-95-2, 6-95-1, 7-95-10; (*Rvi 6* + *Rvi17*): 12-82-1816.

3. В селекции на различные признаки и их комплекс рекомендуем доноры и источники:

– сдержанный рост дерева, кольчаточный тип плодоношения, полевая устойчивость к парше – Ермаковское горное, Горный синап, Золотая тайга, Толунай, Шушенское, Феникс алтайский, 2-76-11281, 2-76-11300, 3-84-3607, 9-87-4996, 7-95-4;

– сдержанный рост дерева, компактная форма кроны, кольчаточный тип плодоношения, устойчивость к парше и повышенное качество плодов – Восток (10-06-9), Маяк (10-06-6), Лучевое (3-06-1), Подарок Красноярску (3-06-2), Аврора (3-06-8), Исток (3-06-4);

– сдержанный рост дерева с компактной формой кроны, кольчаточный тип плодоношения, высокая зимостойкость и короткий период вегетации – Маяк (10-06-6), Со-06-к1, Со-07-933, 32-26;

– скороплодность – Алтайский голубок, Алтайское пурпуровое, Баяна, Горный синап, Ермаковское горное, Пепинка алтайская, Татанакское, Толунай и элитные формы 11-61-295, Со-61-632, 4-65-6562, 4-65-7823, 4-65-7869, 4-65-7890, 2-76-11281, 2-76-11300;

– масса плодов – Алтайское пурпуровое, Горноалтайское, Горный синап, Ермаковское горное, Пепинка алтайская, Толунай, Феникс алтайский и элитные формы 11-61-295, 1-63-4909, 4-65-7823, 4-65-7869, 4-65-7890, 2-76-11281, Со-81-907;

– вкус плодов – Алтайское пурпуровое, Баяна, Горный синап, Ермаковское горное, Толунай, Феникс алтайский;

– яркая сплошная покровная окраска плодов – Алтайский голубок, Алтайское крапчатое, Алтайское пурпуровое, Алтайское юбилейное, Горноалтайское, Пепинка алтайская и элитные формы 11-61-295, 4-65-7823, 4-65-6562, 4-65-7869, 4-65-7890, 2-76-11300.

4. В селекции на полиплоидном уровне для идентификации триплоидных генотипов на ранних этапах онтогенеза использовать экспресс-метод основанный на сопряженности триплоидного набора хромосом и морфологических признаков.

5. Для промышленного и любительского садоводства рекомендуем ускоренное размножение и возделывание сортов с высокой экономической эффективностью Алтайское пурпуровое, Баяна, Горный синап, Сурхурай, Поклон Шукшину, Толунай и широкое конкурсное и производственное испытание перспективных элитных форм Аврора (3-06-8), Восток (10-06-9), Исток (10-0604), Лучевое (3-06-10), Маяк (10-06-6), Подарок Красноярску (3-06-2) и отборных форм яблони адаптивные к абиотическим и биотическим условиям Сибири.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

1. Ящемская, З. С. Изучение новых сортов и отборных форм яблони в низкогорье Алтая / З. С. Ящемская, С. А. Макаренко // Плодоводство и ягодоводство России. – 2005. – Т. 12. – С. 158–163.

2. Калинина, И. П. Исходные формы и селекция яблони на устойчивость к парше на юге западной Сибири / И. П. Калинина, С. А. Макаренко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2010. – № 12. – С. 23–29.

3. Калинина, И. П. Оценка зимостойкости гибридного фонда и сортов яблони в низкогорье Алтая после зимы 2009/10 г. / И. П. Калинина, С. А. Макаренко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 6. – С. 5–9.

4. Макаренко, С. А. Адаптивный потенциал и сортимент яблони в низкогорье Алтая / С. А. Макаренко // Плодоводство и ягодоводство России. – Т. 29. – № 2. – 2012. – С. 3–11.

5. Макаренко, С. А. Наследование массы плодов гибридами яблони в низкогорье Алтая / С. А. Макаренко // Плодоводство и ягодоводство России. – Т. 31. – № 2. – 2012. – С. 19–25.

6. Макаренко, С. А. Условия зимних периодов и факторы, лимитирующие продуктивность яблони на юге Западной Сибири / С. А. Макаренко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 6. – 2013. – С. 39–42.

7. Калинина, И. П. Новые сорта яблони для юга Западной Сибири / И. П. Калинина, С. А. Макаренко // АГРО XXI. – № 4-6. – 2013. – С. 20–22.

8. Калинина, И. П. Результаты и перспективы селекции яблони на Алтае / И. П. Калинина, С. А. Макаренко // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 7. – С. 9–11.

9. Макаренко, С. А. Морфобиологические особенности и корреляции у гетероплоидных сеянцев яблони / С. А. Макаренко, О. В. Мочалова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 8 (118). – 2014. – С. 25–31.

10. Макаренко, С. А. Генетический потенциал в селекции яблони на юге Западной Сибири / С. А. Макаренко, И. П. Калинина // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – Т. 177. – Вып. 1. – 2016. – С. 91–109.

11. Макаренко, С. А. Эффективность возделывания сортов яблони в низкогорье Алтая / С. А. Макаренко, А. С. Кудашкин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 6 (152). – 2017. – С. 12–15.

12. Макаренко, С. А. Устойчивость к парше гибридных популяций *Malus baccata* / С. А. Макаренко // Плодоводство и ягодоводство России. – Т. 29. – № 2. – 2017. – С. 177–182.

Патенты на селекционные достижения

1. Пат. 3754 Российская Федерация, Яблоня Горный Синап / Ермакова Н. В., Калинина И. П., Макаренко С. А., Ящемская З. С.; заявитель и патентообладатель ГНУ НИИ садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко. – заявл. № 9358716; приоритет 27.01.2006; зарегистр. 30.10.2007; опубл. 08.11.2007, Бюл. № 129.

2. Пат. 7604 Российская Федерация, Яблоня Поклон Шукшину / Ермакова Н. В., Калинина И. П., Макаренко С. А., Ящемская З. С.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко». – заявл. № 9051929; приоритет 13.04.2009; зарегистр. 04.12.2014; опубл. 29.12.2014, Бюл. № 200.

3. Пат. 7605 Российская Федерация, Яблоня Шушенское / Ермакова Н. В., Калинина И. П., Макаренко С. А., Ящемская З. С.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко». – заявл. № 9051928; приоритет 13.04.2009; зарегистр. 04.12.2014; опубл. 29.12.2014, Бюл. № 200.

4. Авторское свидетельство № 44959 Сорт яблони Горный синап / Макаренко С. А., Ермакова Н. В., Калинина И. П., Ящемская З. С.; ГНУ НИИСС по заявке № 9358716 с датой приоритета 27.01.2006.

5. Авторское свидетельство № 52271 Сорт яблони Поклон Шукшину / Макаренко С. А., Ермакова Н. В., Калинина И. П., Ящемская З. С.; ГНУ НИИСС по заявке № 9051929 с датой приоритета 27.01.2009.

6. Авторское свидетельство № 52269 Сорт яблони Шушенское / Макаренко С. А., Ермакова Н. В., Калинина И. П., Ящемская З. С.; ГНУ НИИСС по заявке № 9051928 с датой приоритета 27.01.2009.

Монография

1. Калинина, И. П. Селекция яблони на зимостойкость, высокую урожайность, устойчивость к парше и повышенное качество плодов на юге Западной Сибири / И. П. Калинина, З. С. Ящемская, С. А. Макаренко – Новосибирск, 2010. – 274 с.

Статьи в прочих изданиях

1. Ящемская, З. С. Результаты изучения интродуцированных сортов яблони в низкогорье Алтая / З. С. Ящемская, С. А. Макаренко // Садоводство и цветоводство на современном этапе: Сб. научн. тр. Юбилейной конф., посвященной 70-летию образования Новосибирской ЗПЯОС имени И. В. Мичурина. – Новосибирск, 2005. – С. 169–175.

2. Макаренко, С. А. Устойчивость к парше новых сортов и отборных форм селекции отдела горного садоводства НИИСС имени М. А. Лисавенко / С. А. Макаренко // Состояние и перспективы селекции и сорторазведения плодовых культур. – Орел, 2005. – С. 375–378.
3. Макаренко, С. А. Биохимический состав – качественная характеристика плодов новых сортов и отборных форм яблони селекции отдела горного садоводства НИИСС имени М. А. Лисавенко / С. А. Макаренко // Перспективы использования растительных ресурсов Горного Алтая в медицине и сельском хозяйстве. – Горно-Алтайск, 2005. – С. 29–31.
4. Ящемская, З. С. Районированные и перспективные сорта яблони для низкогорий Алтая / З. С. Ящемская, С. А. Макаренко // Аграрные проблемы горного Алтая. – Новосибирск, 2006. – С.150–154.
5. Ящемская, З. С. Роль новых сортов и перспективных отборных форм яблони селекции отдела горного садоводства НИИ садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко в совершенствовании сортимента яблони низкогорья Алтая / З. С. Ящемская, С. А. Макаренко // Аграрные проблемы горного Алтая: Сб. науч. тр. – Вып. 2. –Новосибирск, 2006. – С. 199–204.
6. Макаренко, С. А. Периодичность плодоношения и биологическая продуктивность алтайских сортов и отборных форм яблони / С. А. Макаренко // Актуальные проблемы садоводства в России и пути их решения: Материалы Всероссийской научно-методической конференции молодых ученых. – Орел, 2007. – С. 74–78.
7. Макаренко, С. А. Новые алтайские сорта яблони и их филогения / С. А. Макаренко // Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы (тезисы докладов). – Санкт-Петербург, 2007. – С. 533–535.
8. Ящемская, З. С. Интродуцированные сорта яблони, использованные в селекции с 1981 по 1991 гг. / З. С. Ящемская, С. А. Макаренко // Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы (тезисы докладов). – Санкт-Петербург, 2007. – С. 662–664.
9. Ящемская, З. С. Агроэкологический потенциал и плодоводство горного Алтая / З. С. Ящемская, С. А. Макаренко // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: Материалы международной научно-практической конференции. – Горно-Алтайск, 2007. – С. 222–231.
10. Макаренко, С. А. Генофонд яблони в низкогорье Алтая его увеличение и перспективы использования в селекции / С. А. Макаренко // Реализация идей Н. И. Вавилова на современном этапе развития генетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур: доклады и сообщения X генетико-селекционной школы. – Новосибирск, 2007. – С. 199–202.
11. Калинина, И. П. Наследование зимостойкости гибридным потомством яблони на юге Западной Сибири / И. П. Калинина, С. А. Макаренко // Декоративное садоводство Сибири: проблемы и перспективы: Материалы международной научно-практической конференции посвященной 100-летию со дня рождения З. И. Лучник. – Барнаул. – 2010. – С. 102–107.
12. Макаренко, С. А. Селекция яблони в Сибири / С. А. Макаренко // Сады России. – 2010. – №4. – С. 4–7.
13. Макаренко, С. А. Использование казахстанских сортов яблони в селекции на устойчивость к парше в Горном Алтае / С. А. Макаренко, Н. Ю. Нуртазина // Совершенствование сортимента и технологий размножения и возделывания садовых культур для условий Сибири: Материалы научно-практической конференции, посвященной 75-летию Алтайского края (Барнаул, 25–27 июля 2012 г.). – Барнаул, 2012. – С. 120–126.
14. Макаренко, С. А. Оценка устойчивости к парше гибридов яблони на искусственном фоне в низкогорье Алтая / С. А. Макаренко, С. Н. Артюх // Идеи Н. И. Вавилова в современном мире: тезисы докладов III Вавиловской международной конференции. – С-Пб: ВИР, 2012. – С. 98.

15. Макаренко, С. А. Яблоня в Прителецкой тайге / С. А. Макаренко // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы Международной научно-практической конференции. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2013, – С. 302–307.

16. Макаренко, С. А. Сорта яблони для адаптивных садов Сибири / С. А. Макаренко // Актуальные проблемы ведения сельскохозяйственного производства в аридной зоне Центрально-Азиатского региона. – Новосибирск, 2013. – С.165–169.

17. Макаренко, С. А. Селекция плодовых и ягодных культур в низкогорье Алтая / С. А. Макаренко, М. Н. Матюнин, Л. Н. Забелина // Плодоводство Беларуси: традиции и современность: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию образования РУП «Институт плодоводства», аг. Самохваловичи, 13–16 октября 2015 г. – Самохваловичи, 2015. – С. 102–105.

18. Макаренко, С. А. Морфобиологические признаки гибридных сеянцев яблони от гетероплоидных скрещиваний в селекционном питомнике и их сопряженность с плоидностью / С. А. Макаренко // Конкурентоспособные сорта и технологии для высокоэффективного садоводства. – Орел, 2015. – С. 130–134.

19. Макаренко, С. А. Морфобиологические особенности развития гибридных сеянцев яблони от гетероплоидных скрещиваний в селекционном питомнике / С. А. Макаренко // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы Международной научно-практической конференции. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2015. – С. 208–214.

20. Макаренко, С. А. Оценка селекционного фонда яблони с выделением источников полигенной устойчивости к парше / С. А. Макаренко, С. Н. Артюх // Плодоводство и виноградарство Юга России [Электронный ресурс] – № 35 (05). – 2015. – URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/15/05/02.pdf>.

21. Макаренко, С. А. Оценка вертикальной устойчивости к парше гибридов яблони на искусственном инфекционном фоне в открытом грунте / С. А. Макаренко, С. Н. Артюх // Плодоводство: науч. тр. / РУП «Институт плодоводства». – Самохваловичи, Т. 27. – 2015. – С. 214–222.

22. Макаренко, С. А. Методы И. В. Мичурина в селекции плодовых и ягодных культур на юге Западной Сибири / С. А. Макаренко, Е. И. Пантелеева, Л. Н. Забелина, И. А. Пучкин, Н. И. Назарюк, Л. А. Хохрякова // Повышение эффективности отечественного садоводства с целью улучшения структуры питания населения России: Мат-лы науч.-практ. конфер. (4-6 сентября 2015 года). – Мичуринск-научоград РФ, 2016. – С. 63–74.

23. Макаренко, С. А., Забелина Л. Н. Результаты селекции плодовых и ягодных культур в низкогорье Алтая / С. А. Макаренко, Л. Н. Забелина // Состояние и перспективы развития северного садоводства: Мат-лы науч.-практ. конференции, посвященной 80-летию Свердловской селекционной станции садоводства. – Екатеринбург, 2016. – С. 65–72.

Методические рекомендации, главы из книг

1. Макаренко С. А. Закладка и возделывание плодовых культур в горном Алтае (яблоня, груша, слива): методические рекомендации / С. А. Макаренко, З. С. Ящемская, М. Н. Матюнин. – Горно-Алтайск, 2013. – 47 с.

2. Калинина, И. П. Частная селекция плодовых, ягодных культур и винограда: Яблоня / И. П. Калинина, З. С. Ящемская, С. А. Макаренко, Е. Н. Матвеева, Г. А. Муравьев, Г. Т. Киргизова, А. А. Кузьмина // Программа работ селекцентра Научно-исследовательского института садоводства Сибири имени М. А. Лисавенко до 2030 г.: выпуск 3. – Новосибирск, 2011. – С. 66–82.