

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
САДОВОДСТВА СИБИРИ ИМЕНИ М. А. ЛИСАВЕНКО»

*На правах рукописи*

**МАКАРЕНКО**

**Сергей Александрович**

**АДАПТИВНАЯ СЕЛЕКЦИЯ ЯБЛОНИ В НИЗКОГОРЬЕ АЛТАЯ**

Специальность **06.01.05** – селекция и семеноводство сельскохозяйственных  
растений

диссертация на соискание ученой степени

доктора сельскохозяйственных наук

Научный консультант:  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор, академик РАН  
**Седов Евгений Николаевич**

г. Горно-Алтайск 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	4
<b>ГЛАВА 1. ОСНОВЫ АДАПТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ ЯБЛОНИ В СИБИРИ</b>	9
1.1. Систематика и видовое разнообразие <i>Malus Mill</i>	9
1.2. Основы селекции яблони на зимостойкость	20
1.3. Основы селекции яблони на устойчивость к биотическим факторам	30
1.4. Исторический аспект формирования сортимента яблони в Западной Сибири	40
<b>ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	46
2.1. Почвенно-климатические условия исследований в низкогорье Алтая	46
2.2. Объекты и методы исследований	52
<b>ГЛАВА 3. СЕЛЕКЦИЯ ЯБЛОНИ НА ЗИМОСТОЙКОСТЬ</b>	61
3.1. Особенности погодных условий неблагоприятных зимних периодов для яблони на Алтае	61
3.2. Фенологические фазы развития сортов яблони	71
3.3. Зимостойкость исходных форм	73
3.4. Зимостойкость гибридных сеянцев яблони	78
<b>ГЛАВА 4. СЕЛЕКЦИЯ ЯБЛОНИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПАРШЕ</b>	99
4.1. Оценка полевой устойчивости генофонда яблони к парше	99
4.2. Наследование полевой устойчивости к парше гибридами яблони	101
4.3. Оценка полигенной устойчивости к парше гибридов яблони на искусственном инфекционном фоне	116
4.4. Оценка гибридов яблони на искусственном инфекционном фоне на иммунитет к парше	126
<b>ГЛАВА 5. СЕЛЕКЦИЯ ЯБЛОНИ НА ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫЕ ПРИЗНАКИ</b>	137
5.1. Особенности роста сортов и гибридов яблони	138
5.2. Скороплодность и урожайность	145
5.3. Наследование гибридами яблони массы плодов	158
5.4. Наследование вкуса плодов	171
5.5. Оценка биохимического состава плодов сортов и отборных форм яблони	182
5.6. Наследование гибридами яблони окраски плодов	202
5.7. Наследование сроков созревания плодов в гибридном потомстве яблони	208
<b>ГЛАВА 6. МЕТОД ПОЛИПЛОИДИИ В СЕЛЕКЦИИ ЯБЛОНИ</b>	214
<b>ГЛАВА 7. РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ЯБЛОНИ В НИЗКОГОРЬЕ АЛТАЯ</b>	236
7.1. Селекционный процесс яблони и возможные пути его ускорения в низкогорье Алтая	236

7.2. Хозяйственно-биологическая характеристика новых сортов и перспективных сортообразцов яблони	247
7.3. Экономическая эффективность возделывания сортов яблони	269
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	273
<b>Рекомендации для селекционеров и производства</b>	275
<b>Список сокращений</b>	277
<b>Список литературы</b>	278
<b>Список иллюстративного материала</b>	312
<b>Приложения</b>	316
Приложение А. Авторское свидетельство сорт Горный синап	316
Приложение Б. Авторское свидетельство сорт Поклон Шукшину	317
Приложение В. Авторское свидетельство сорт Шушенское	318
Приложение Г. Патент сорт Горный синап	319
Приложение Д. Патент сорт Поклон Шукшину	320
Приложение Е. Патент сорт Шушенское	321
Приложение Ж. Акт внедрения результатов исследования (ФГУП «Горно-Алтайское», г. Горно-Алтайск)	322
Приложение И. Акт внедрения результатов исследования (РУП «Институт Плодоводства», Республика Беларусь, пос. Самохваловичи)	323
Приложение К. Акт внедрения результатов исследования (ТОО КазНИИПиВ, Республика Казахстан, г. Алматы)	324
Приложение Л. Филогения сортов яблони НИИ садоводства Сибири имени М. А. Лисавенко	325
Приложение М. Объекты исследований	342
Приложение Н. Расчет матрицы непараметрических корреляций гибридных популяций донора диплоидных гамет 30-47-88 (4х)	345
Приложение П. Расчет матрицы непараметрических корреляций гибридных популяций донора диплоидных гамет 25-37-45 (4х) (2010 г. скрещивания)	356
Приложение Р. Расчет матрицы непараметрических корреляций гибридных популяций доноров диплоидных гамет (2012 г. скрещивания)	348

## ВВЕДЕНИЕ

«Задачей отечественного плодоводства должна стать забота о популяризации плодов, выращенных на своей земле, и производство достаточного количества фруктов по ценам, доступным для широких слоев населения».

Л. Симиренко

**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). Вкусовые качества, богатый биохимический состав и возможность потребления плодов яблони в течение всего года делает их привлекательными, как для потребления в свежем виде, так и для переработки.

Западная Сибирь не является естественным ареалом яблони, но за короткий период времени культура прочно закрепилась в любительских и промышленных садах. Интродукция яблони из европейской части России не оправдала возложенные на нее надежды (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, что охладило исследователей (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 наработок изменились требования к сортам. Недостаточная зимостойкость в критические зимние периоды, потеря устойчивости к парше, моральное старение сортов и низкая масса плодов свидетельствует 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 семян, 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. Выявлены корреляционные связи 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 семян 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 сертифицированном 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 опубликовано 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 яблоны 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 д-ру с.-х. наук, профессору, академику РАН И. П. Калининой, д-ру с.-х. наук, профессору, академику РАН Е. Н. Седову за оказанную помощь и содействие в выполнении настоящей работы, а также канд. с.-х. наук Н. В. Ермаковой, канд. с.-х. наук З. С. Ящемской, д-ру биол. наук О. В. Мочаловой, канд. экон. наук А. С. Кудашкину, за участие в выполнении отдельных этапов научных исследований по данной работе.

## ГЛАВА 1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АДАПТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ ЯБЛОНИ В СИБИРИ

### 1.1. Систематика и видовое разнообразие *Malus* Mill.

Только познав наследственность сортов в их настоящем и прошлом, их исторически сложившиеся требования к условиям жизни, мы сможем вплотную подойти к вопросам рационального подбора родительских пар при скрещиваниях, целенаправленному воспитанию гибридных сеянцев, к управлению их доминированием (Скибинская, 1955).

*Malus* Mill. – яблоня, подсемейство *Maloideae*, семейство *Rosaceae*. Произрастает в основном в умеренном климате северного полушария. Род *Malus* Mill. является одним из значимых в хозяйственном отношении. Его ареал опоясывает земной шар широкой, но неравномерной полосой (рисунок 1).

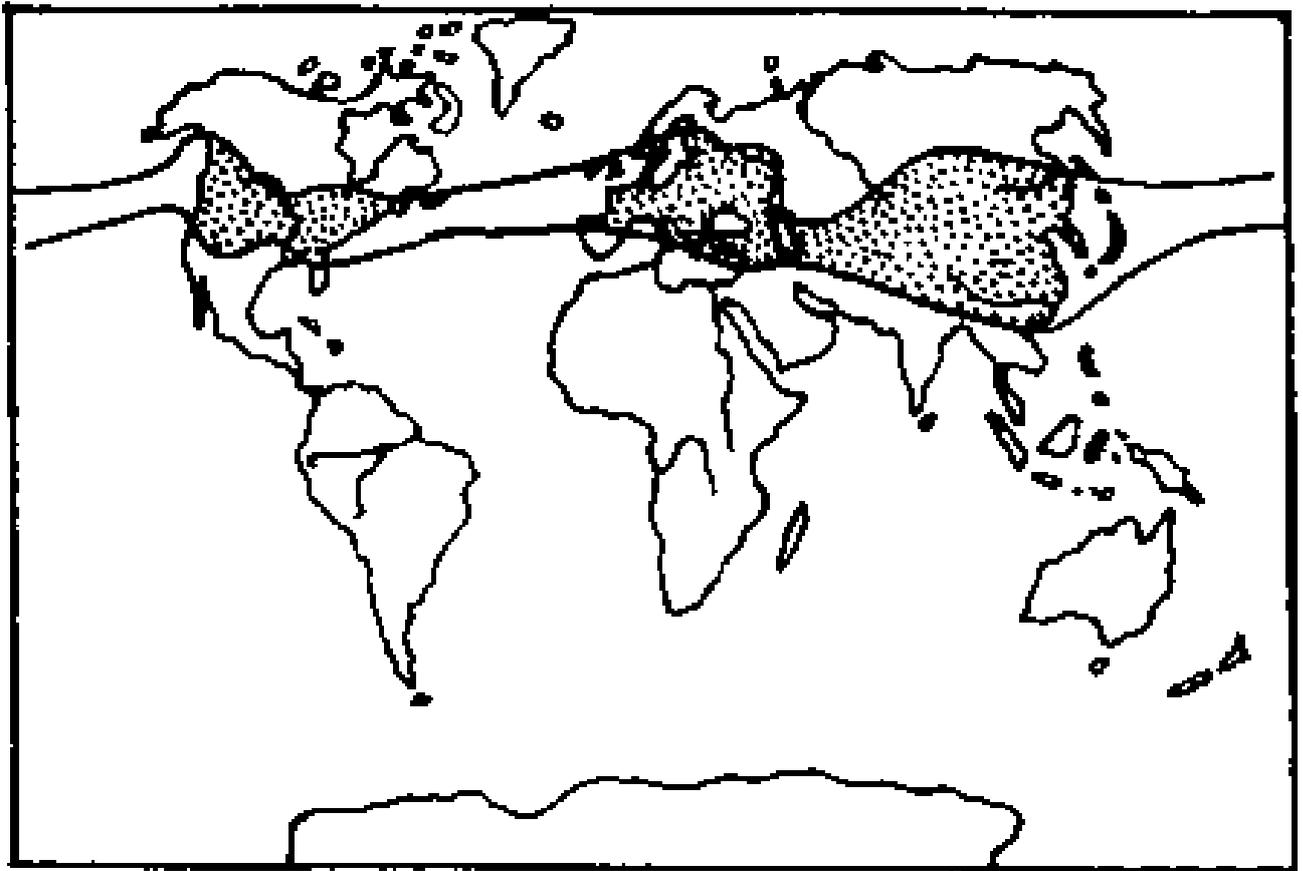


Рисунок 1. Общий ареал рода *Malus* (по В. Т. Лангенфельду, 1991)

Виды и сорта яблони человечеству известны с давних времен. Первичные яблони предположительно появились в меловом периоде мезозойской эры, еще до трансгрессии океана. В настоящее время наиболее примитивные яблони сосредоточены в южных пределах родового ареала – Юго-Восточная Азия и страны Средиземноморья (Лангенфельд, 1991).

По описанию В. Т. Лангенфельда (1991), первичные яблони были высокими деревьями (до 20–25 м) с хорошо выраженными толстыми (до 2 м в диаметре) стволами, слаборазветвленной (3–5 порядков) кроной; крупными, кожистыми, полувечнозелеными, блестящими, сложными, раздельными или лопастными, в очертании широкоэллиптическими, широкоовальными, почти округлыми или продолговатыми листьями, собранными в пучки, преимущественно на верхушках длинных побегов; довольно крупными (3–5 см в диаметре) цветками, собранными в пучки или многоцветковые соцветия неопределенного типа (ложный щиток, ложный зонтик); продолговатыми, несколько грушевидными (2–3 см в длину и 2–5 см в ширину) плодами с грубой мякотью, содержащей довольно много каменистых клеток; остающейся при плодах и несколько приподнятой чашечкой и сросшимися при основании, отвернутыми чашелистиками; а также плодоножкой примерно в 2 раза длиннее плода. Семенные камеры открыты, сливаются в общую центральную полость плода (края плодолистиков не срослись).

Подобные признаки имеются у видов рода *Docynia*, а также у некоторых примитивных видов *Pyrus*, произрастающих в Юго-Западном Китае. Сходные признаки имеют и современные реликтовые виды яблонь из секции *Docyniopsis*: *M. laosensis* из Лаоса, *M. fortinosana* из Южного Китая (провинция Фуцзянь и остров Тайвань), *M. tschonoskii* из Южной Японии и *M. sikkimensis* из Восточных Гималаев, а также самый северный ископаемый вид *M. obensis*, описанный М. Г. Горбуновым (1959), из третичных отложений Западной Сибири (Заобский Яр на левом берегу р. Оби, 56° 15' с. ш., 84° в. д.).

У перечисленных доциниеvidных яблонь сочетаются наиболее примитивные признаки из всех ныне существующих видов. На первый взгляд, кажется, что эти яблони составляют начальное звено в эволюции рода *Malus*. Однако даже наиболее примитивные их виды (*M. laosensis*, *M. fortinosana*) со временем значительно изменились и в настоящее время сильно отличаются от первоначальных форм рода *Malus*. Поэтому вероятными исходными формами яблони следует считать каких-то древних предков, давших начало первичным видам *Docynia*, *Pyrus*, *Malus* и *Cydonia*. Секция *Docyniopsis*, таким образом, представляет собой боковую ветвь филогенетического дерева целого комплекса исходных форм, которые послужили основой для образования основных ветвей эволюции рода *Malus*.

Эволюцию можно определить, как процесс распространения единично возникающих наследственных изменений (мутаций) на некоторое множество организмов (популяцию и

систему популяций), которая происходит на основе непрерывно идущего в природе процесса мутационной изменчивости, доставляющего материал для постоянно действующего механизма естественного отбора (Тахтаджян, 1966). Существенную роль в этом процессе сыграли изменяющиеся природные и экологические факторы. Роль человека в расширении ареала яблони оказала свое влияние значительно позже.

По мнению В. В. Пономаренко (2010, 2013) максимальное видовое разнообразие яблони сконцентрировано в трех мировым центрах происхождения культурных растений (Вавилов, 1931): азиатском, европейском, среднеазиатском.

Первое научное описание рода *Malus* было предпринято в 18 в. ботаником Дж. Турнефором на основании морфологии плодов. В дальнейшем, по мнению В. Т. Лангенфельда (1991), в номенклатуре рода возникла путаница, чему способствовали труды К. Линнея, который объединил яблоню в общий род с грушей и айвой с видовым названием *Purus Malus* L. Самостоятельность рода *Malus* восстановил Миллер в 1759 г., а в 1768 г. – уточнил его видовой состав, что способствовало дальнейшему изучению яблони. Систематики Декень, Менх, Карьер, Бриттон и Броун, Кёне, Цабель, Шнейдер, Редер, С. В. Юзепчук и др. в дальнейшем совершенствовали и дополняли систематику рода *Malus* Mill., не принимая линнеевскую концепцию.

Фундаментальный вклад в систематику внесли немецкие ботаники. У Кёне основой деления рода стали остающаяся чашечка у плодов (секция *Calicomeles* Koehne) и опадающая чашечка при плодах (секция *Gymnomeles* Koehne) с выделением промежуточной секции, куда вошли виды гибридного происхождения. Цабель также делил род *Malus* на две секции виды с цельными листьями (*Eumalus* Zabel) и виды с лопастными листьями (*Sorbomalus* Zabel) и выделением промежуточной секции с гибридными видами.

Детальные проработки всего рода *Malus* приведены в трудах С. К. Schneider (Schneider, 1906), Коидзуми, Редера и Эзелтина (Ezeltine, 1933) (по Лангенфельд, 1991). Существенный вклад в совершенствовании классификации внесли труды советских ученых С. В. Юзепчука (1939), Г. Г. Тарасенко (1940, 1941), П. М. Жуковского (1950, 1971), Ф. Д. Лихоноса (1983), И. Г. Васильченко (1963), Я. С. Нестерова (1977), В. В. Пономаренко (1975, 1978 а, 1978 б, 1980, 1987, 2013) и др.

Однако до настоящего времени систематика рода *Malus* Mill. имеет ряд недостатков и, по мнению систематиков В. Т. Лангенфельда (1991) и В. В. Пономаренко (2013) нуждается в критическом пересмотре.

Согласно современной классификации (Лангенфельд, 1991) род *Malus* подразделяется на 6 секций (рисунок 2): *Eriolobus* (пушистолопастные), *Dociniopsis* (доциниевидные), *Sorbomalus* (рябиновидные), *Chloromeles* (зеленоплодные), *Gymnomeles* (мелкоплодные), *Malus* (настоящие

яблони). В роде *Malus* выявлено 58 видов, в том числе 35 автохтонных, 1 культивгенный и 22 гибридных. Окультуренные межвидовые гибриды подчинены группам Gr. *Cult. Domesticae* и Gr.  $\times$  *Prunifoliae*. Внутривидовая изменчивость полиморфных видов представлена 22 разновидностями, 13 формами и 180 культиварами.

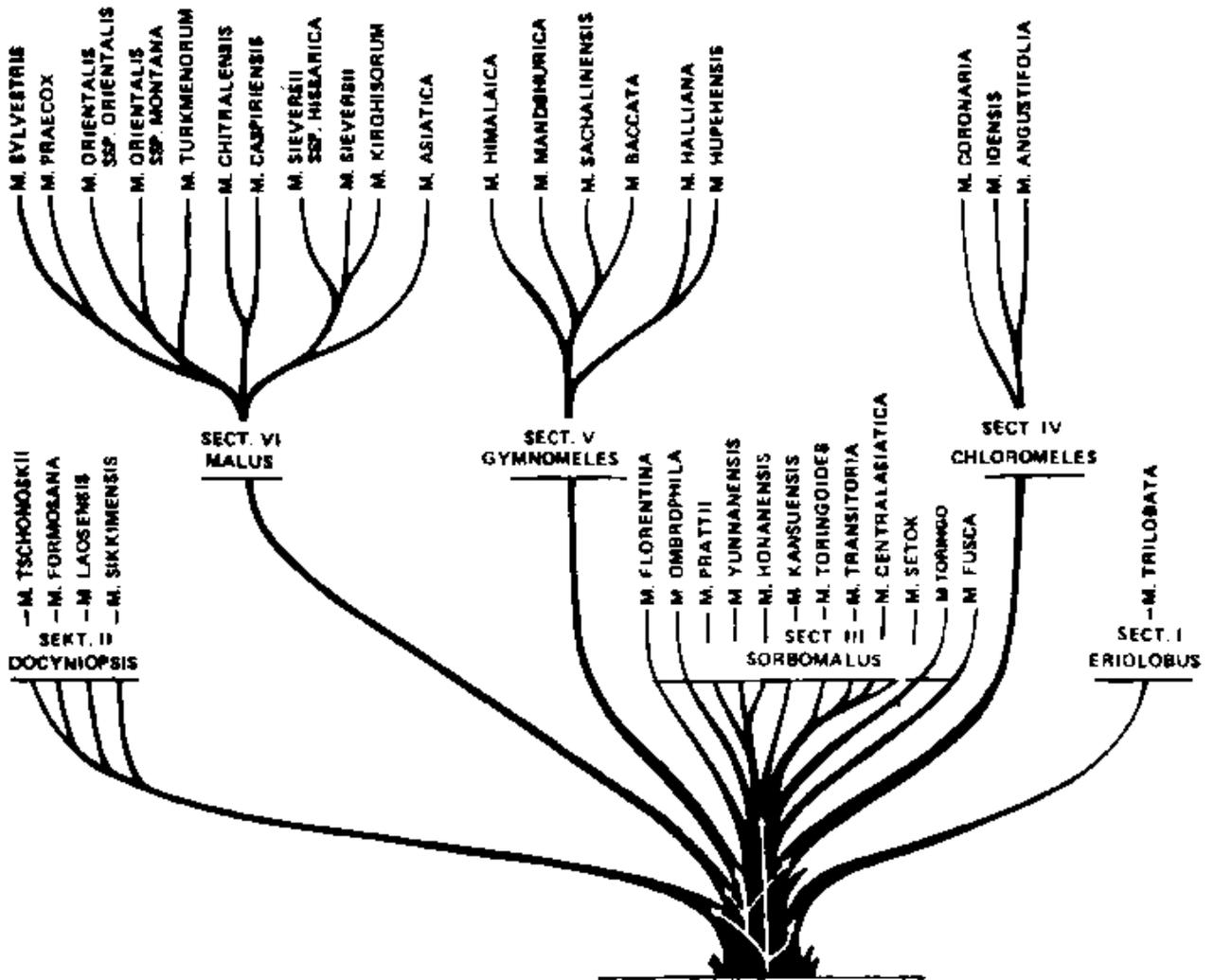


Рисунок 2. Схема филогенетических отношений в роде *Malus*  
(по Лангенфельду В. Т., 1991)

Основными признаками, определяющими филогенетические отношения видов рода *Malus*, является географическое положение, общая структура растений, их морфология, сила роста, строение листьев, цветков и плодов, кариотипа, а также другие особенности, поддающиеся различению и учету. Все осложняется сильным полиморфизмом признаков даже на внутривидовом уровне. Научное изучение и сопоставление признаков в пределах рода, вида, сорта имеет первостепенное значение для селекционеров и биологов, что позволяет выявить их филогенез, а также правильный подбор исходных форм для направленной селекции.

Филогенетические связи в систематике рода *Malus* установлены в той мере, насколько позволяло развитие науки. На современном этапе с целью установления филогенетических связей и устранения спорных вопросов в систематике применяют современные молекулярно-генетические методы (Фортэ, Савельев, Дорохов, 2004; Урбанович, 2010; Cornille et al, 2012; Шамшин, 2014; Савельева, 2016).

Существенная часть современных сортов яблони является сложными гибридами между несколькими автохтонными и гибридными видами яблони, произрастающими в различных экологических условиях. По результатам оценки филогении сортового состава культурной яблони А. М. Скибинской (1948, 1951, 1955) установлено, что в процессе онтогенеза у сортов сибирской селекции в различной степени проявляются признаки *Malus baccata* и *Malus*×*prunifolia*, *Malus siversii*, *Malus silvestris*, *Malus silvestris* var. *praecox*, *Malus orientalis*.

В низкогорье Алтая и Сибири основой в создании сортов яблони адаптированных к условиям зимнего периода и короткому периоду вегетации является самый зимостойкий в мире вид яблони *M. baccata* (L.) Borkh. – яблоня ягодная (сибирская) (Жуковский, 1950, 1961; Шитт 1958; Васильченко, 1963; Калинина, 1976; Лангенфельд, 1991 и др.). Непосредственно в гибридизацию она была вовлечена на первом этапе селекции, позднее – ее потомки первого, второго, третьего и четвертого поколений. В качестве отцовских исходных форм в насыщающих и сложных ступенчатых скрещиваниях использованы крупноплодные сорта яблони различного эколого-географического происхождения культигенного комплекса *M.*×*domestica* Borkh.

**Яблоня ягодная (сибирская) (*M. baccata* (L.) Borkh.)** входит в группу серии ягодных яблонь секции *Gymnomeles* рода *Malus* Mill. Это единственный дикий вид яблони, произрастающий в южной части Восточной Сибири и на Дальнем Востоке в долинах, по берегам рек и на островах. Дерево или куст высотой до 6–8 м, с низкой, округло-шаровидной кроной. Побеги без опушения. Почки остройцевидные. Листья эллиптические или яйцевидные, острозубчатые или цельнокрайные; тонкие, гладкие, без опушения, на длинных неопушенных черешках. Цветки средней величины, лепестки белые; столбики несколько длиннее тычинок. Плоды очень мелкие (0,5–1 см в диаметре), красные или желтые, на очень длинных плодоножках, с опадающими чашелистиками, располагаются по 5–6 штук в щитке. Мякоть желтая, кислая, терпкая, при созревании размягчается, но встречаются и сладкоплодные формы. Отличается исключительной неприхотливостью и зимостойкостью до -50...-55 °С, а также высокой устойчивостью к солнечным ожогам. За высокую морозостойкость, скороплодность сибирская яблоня вовлечена в селекцию с целью создания зимостойких сортов для северного садоводства. Сотрудники института физиологии и биохимии растений в ареале *M. baccata* выделили карликовые формы высотой до 150 см (Рудиковский и др., 2008). Эти

формы перспективно использовать в создании сибирских карликовых и полукарликовых клоновых подвоев, которые позволят вести интенсификацию промышленного и любительского садоводства с существенным увеличением продуктивности насаждений яблони в Сибири, снижения затрат по технологическим операциям связанных с уходными работами и сбором плодов и ускорению сортосмены.

Наряду с *M. baccata* (L.) Borkh. (яблоня ягодная) в селекции использовались ее садовые формы.

Первое гибридное поколение сибирской яблони ( $F_1$ ), получено от скрещивания *M. baccata* (L.) Borkh. с сортами *M. × domestica* Borkh., является мелкоплодным (7-12 г), как правило, неудовлетворительного вкуса, но зимостойкое, урожайное, скороплодное, в Сибири именуется «ранетка». Гибриды первого поколения сибирской яблони Ф. Д. Лихонос (1983) относит к группе *Malus × cerasifera* (Willd.). С. И. Исаев (1966, 1967) вишнеплодную яблоню причисляет к виду *M. baccata* (L.) Borkh. По данным В. Т. Лангенфельда (1991) вишнеплодная яблоня (*Malus × cerasifera* (Willd.)) является производной *M. × prunifolia* × *M. baccata*. Гибриды второго, третьего, четвертого и пятого поколений сибирской яблони от насыщающих скрещиваний в Сибири именуется «полукультурка». Многие исследователи сорта типа полукультурок именуют «китайка» (Тарасенко, 1940, Лихонос, 1950, Леонов, 1955, Заец, 1961, Нестеров, 1977).

Кроме *M. baccata* в секцию *Gymnomeles* входят виды *M. himalaica*, *M. manshurica*, *M. manshurica* sbsp. *sachaliensis*, *M. hupehensis*, *M. halliana*. Ареал ягодных яблонь – юг Восточной Сибири, Дальний Восток, Северный Китай, Япония.

По совокупности признаков к серии *Baccata* и *Hupehenses* примыкают гибридные виды *Malus × robusta* (*M. baccata* × *M. × prunifolia*), *Malus × cerasifera* (*M. × prunifolia* × *M. baccata*), *Malus × atrosanguinea* (*M. halliana* × *M. siboldii*), *Malus × harwigii* (*M. baccata* × *M. halliana*) (Лангенфельд, 1991). В естественном ареале выделены карликовые формы *M. baccata* перспективные в селекции клоновых подвоев и сортов естественных карликов (Кузнецова и др., 2008).

**Яблоня сливолистная (китайская) (*M. × prunifolia* (Willd.) Borkh.)** из числа китайских яблонь представляет для северного садоводства наибольший интерес. Представителям данного вида характерен сильный полиморфизм качественных и количественных признаков. Дерево до 10 м высотой, иногда кустообразные. Листья яйцевидные или овальные, короткозаостренные, основание широко клиновидное или закругленное. Цветки в многоцветковых соцветиях 5–8 (10), венчик белый, снаружи розоватый, около 3 см в диаметре. Плоды шаровидные или шаровидно-овальные, 1,5–2 см в диаметре с перлами на верхушке, окружающими чашечку, красные или желтые, кисловатые с остающимися чашелистиками. По окраске, форме, величине и срокам

созревания плодов наблюдается большое разнообразие. Характерный признак – неоппадающие чашелистики.

Существование вида в природе вызывает массу споров. По мнению китайского ботаника Чоу (Chow, 1934) ареал сливолистной яблони находится в северном и центральном Китае. Аналогичного мнения придерживается Н. И. Кичунов, опираясь на исследования М. Г. Никифорова (1907) и А. М. Скибинской (1955).

По мнению ряда авторитетных исследователей яблоня сливолистная известна только в культуре и гибридное происхождение вида не вызывает сомнений. Гибридным видом, полученным от скрещивания *M. baccata* (L.) Borkh. с *M. × domestica* Borkh, ее считают Г. Г. Тарасенко (1940, 1941), Ф. Д. Лихонос (1983). П. Н. Яковлев (1950 а) считает ее гибридом *M. pallasiana* × *M. silvestris*, В. Т. Лангенфельд (1991) – гибридом *M. domestica* × *M. baccata*. По предположению З. А. Козловской (2015) сливолистная яблоня является спонтанным гибридом *M. × cerasifera* × *M. sieversii*, т.к. она культивировалась в Китае на протяжении многих тысячелетий, а культурные сорта появились лишь к концу 19 века.

Этот вид яблони широко использован И. В. Мичуриным при создании зимостойких сортов яблони (Мичурин, 1948, 1950). Садовые формы яблони сливолистной и в настоящее время широко культивируются в зоне северного садоводства в России. Ее активно используют в селекции на зимостойкость, продуктивность, скороплодность. Сеянцы сливолистной яблони по совместимости являются хорошим подвоем для сортов яблони, в том числе и крупноплодных.

По своему происхождению исходные формы являются гетерозиготными сортами (Вавилов, 1931; Скибинская, 1948, 1951, 1956, 1969; Лихонос, 1983), унаследовавшими признаки нескольких видов яблони. Во всех сортах ранеток доминируют признаки *M. baccata* (L.) Borkh., в различной степени и на разных этапах онтогенетического развития проявляются признаки из секции настоящих яблонь: *M. sieversii* (Ledeb.) M. Roem. (Сиверса), *M. sylvestris* (L.) Mill. (лесная), *M. sylvestris* var. *praecox* (Pall.) Ponom. (яблоня ранняя), *M. orientalis* (Uglitz.) Juz. (восточная) (Скибинская, 1955; Батуева, 2005; Макаренко, 2006) (приложение Л).

**Яблоня Сиверса (*Malus sieversii* (Ldb.) M. Roem.)** – наиболее распространенный дикорастущий вид в Центральной Азии. Ареал охватывает горные районы Северного и Западного Тянь-Шаня, Заилийского и Джунгарского Алатау, Памиро-Алая, Кульджи (Западный Китай), Гиндукуша (Северный Афганистан), в пределах которого яблоня Сиверса характеризуется сильным полиморфизмом.

Важное отличие *M. sieversii* от всех дикорастущих видов – наличие генетически детерминированных признаков, таких как крупный размер плодов и большое разнообразие вкусовых качеств. Плоды яблони Сиверса варьируют по размеру (от 1,5-2 до 5–7 см в диаметре), по массе (от 6 до 50 г и более) и по форме (от округлых, плоскоокруглых, до сильно

удлиненных, синаповидных, гладких, слаборебристых, ребристых и бугристых), окраске кожицы плодов (от зеленой, светло-желтой, до ярко-красной). Встречаются плоды с разной степенью оржавленности, восковым налетом и подкожными точками. Мякоть может быть белой, кремовой и розовой. Встречаются формы яблони Сиверса, объединяемые под названием яблони Недзвецкого, содержащие большое количество антоциана и имеющие интенсивную фиолетовую окрасу мякоти. Различают плоды с полузакрытыми и закрытыми семенными камерами, открытой и закрытой чашечкой, разной длиной плодоножек (от очень коротких до превышающих размеры плода). Гамма вкусовых качеств весьма широка – от мало съедобных кисло-горьких, до вкусных кисло-сладких и пресно-сладких форм с разной силой аромата. По срокам созревания плоды различаются от раннелетних (июль) до позднесенних (октябрь, ноябрь). Указанное разнообразие плодов яблони Сиверса очень показательно и отличает этот вид от дикорастущих видов Кавказа и Европы (Пономаренко, 1975, 1978 б, 2013). Доминирующие признаки вида – наличие антоциана, сильная опушенность вегетативных органов, сладкий вкус плода и др., рецессивные – отсутствие или бледность окраски, кислый или горький вкус плода, слабое опушение вегетативных органов или его отсутствие (Пономаренко, 1980).

На основании молекулярно-генетических методов разными исследователями сделано предположение, что *Malus siversii* является прародителем культурного комплекса *M. × domestica* (Wagner, Weeden, 2000, Cornill et al., 2012).

**Яблоня лесная (*Malus sylvestris* (L) Mill.)** – небольшое дерево или кустарник высотой 6–10 м, форма кроны от широкораскидистой у одиночно растущих деревьев до вытянутой в сомкнутых посадках. Побеги голые, сравнительно тонкие, изогнутые с колючками. Листья широкие округлые или округлояйцевидные, короткозаостренные, без опушения или со слабым опушением с тыльной стороны. В плодоношение вступает поздно. Соцветия малоцветковые, бутоны розовые, цветки белые распускаются одновременно с появлением листьев. Плоды 2–3 см в диаметре, шаровидной или округлояйцевидной формы, усеченные с обеих сторон, зеленой, зелено-желтой окраски иногда с красным штриховатым румянцем на солнечной стороне; кислые, горькие, терпкие бывают кисло-сладкие; плодоножка в 2 раза короче плода; семенные камеры крупные, закрытые, не сообщаются с осевой полостью плода.

Имеет широкий ареал в Восточной и Западной Европе. На север доходит до Карельского перешейка, Вологды, Перми. Произрастает в центральных районах России, где характеризуется сильным полиморфизмом по всем хозяйственно-ценным признакам. Восточно-Европейские формы достаточно зимостойкие. Является одной из родоначальных форм культурных сортов яблони. Типичными представителями вида являются сорта Антоновка обыкновенная, Антоновка шафранная, Славянка, Черное дерево, Папировка и др. (Скибинская, 1955).

Имеет перспективы в селекции сортов яблони на зимостойкость, иммунитет, продуктивность, качество плодов и подвоев.

**Яблоня ранняя (*M. sylvestris* var. *praecox* (Pall.) Ponom.)** – низкорослые деревья высотой 2–4 м с округлой, компактной кроной, без колючек, побеги слегка опушены в молодом возрасте. Листья крупные широкоэллиптические с закругленным основанием, светлой окраски. Молодые листочки на концах побегов золотисто-бурые. Соцветия малоцветковые на коротких цветоножках. Бутоны зеленовато-белые, цветки белые с лепестками овальной формы и длинным ноготком. Окраска плодов светло-желтая без румянца. Межвидовые гибриды с яблоней Сиверса имеют сплошную окраску или полосатый румянец по всему плоду. Яблоня ранняя широко распространена в долинах рек Днепр, Волга и нижней части Дона и реже в широколиственных и смешанных лесах. Ее ареал заходит в Венгрию, Чехию, Словакию, Беларусь, на севере доходит до Прибалтики.

Вид характеризуется сдержанным ростом, скороплодностью, ранним созреванием плодов, способен к вегетативному размножению.

**Яблоня восточная (*Malus orientalis* (Uglitz.) Juz.)** – дерево высотой 8–12 (12–15) м, с широкой шатровидной, иногда неправильной кроной. Кора на старых ветвях морщинистая, слущивающаяся небольшими кусками. Многолетние ветви сильно развитые без колючек. Однолетние побеги темно-коричневые с опушением. Листья продолговато-яйцевидные, ланцетные с густым опушением или беловойлочные в нижней части. Соцветия среднецветковые, зонтиковидные. Цветки бело-розовые на густоопушенных цветоножках. Плоды шаровидные, округлые, конические, цилиндрические с широкой воронкой, зеленовато-желтые, кремовые, белые с полосатым и размытым румянцем. Распространена в кавказских, передне- и малоазиатских очагах, произрастает на лесных опушках, берегах рек, выделяется значительным полиморфизмом. Принимала участие в формировании сортимента кавказских и крымских сортов с длительной лежкостью и высокой транспортабельностью плодов (Скибинская, 1948, 1955, Васильченко, 1963, Нестеров, 1977, Лихонос, 1983, Пономаренко, 2013). Ценится в производстве и в селекции за крупноплодность, транспортабельные плоды хорошего вкуса и продолжительную лежкость.

Морфологические и биологические признаки выше описанных видов, в различной степени проявляются в алтайских сортах яблони (Скибинская, 1955; Мошкин, 2006; Батуева, 2005; Макаренко, 2006). В сортах полукультурок доминируют признаки яблони сливолистной (*M. ×prunifolia*), которые в летних сортах сочетаются с признаками ранней (*M. praecox*), сибирской (*M. baccata*) и лесной (*M. sylvestris*), в осенних и зимних – с признаками яблонь Сиверса (*M. Sieversii*), восточной (*M. orientalis*) и лесной (*M. sylvestris*).

В летних «крупноплодных» сортах *M. × domestica* проявляются и доминируют признаки ранней яблони (*M. praecox*), в осенних – преимущественно яблони Сиверса (*M. sieversii*) и лесной (*M. sylvestris*), в зимних – яблони восточной (*M. orientalis*) (Скибинская, 1951).

Из культигенного комплекса *Gr. Cult. Domesticae* Langenf, образование, которого связано с деятельностью человека в различных экологических условиях, соприкосновением ареалов диких видов яблони, возникновением мутаций и процессом гибридизации (Козловская, 2003) в селекционный процесс на Алтае в качестве исходных форм привлечено 270 сортов, мы их называем «крупноплодные» сорта (Калинина, Ящемская, Макаренко, 2010).

В общей сложности в селекцию на Алтае было вовлечено 7 форм *M. baccata* и 520 сортообразцов, в том числе 40 сортов ранеточного типа, 163 – полукультурки и 310 сортов *M. × domestica*.

Несмотря на последние мировые достижения в области селекции и возделывания яблони в селекционных программах разных стран существуют нерешенные или частично решенные вопросы по адаптивности сортифта, качеству плодов и интенсификации возделывания новых сортов. Неисчерпаемой чашей в решение возникающих вопросов и превентивной селекции является генетический потенциал как диких видов, так и современных сортов. Кроме основных видов яблони, принимающих участие в адаптивной селекции новых сортов яблони в низкогорье Алтая (и не только), ценным исходным материалом для селекции являются виды и их производные несущие доминантные гены важнейших хозяйственно-полезных признаков.

**Яблоня обильноцветущая (*Malus × floribunda* Sieb.)** – культигенный вид (*M. baccata* × *M. sieboldii*). Деревья высотой 5–10 м, часто растущие кустом с несколькими стволами. Листья яйцевидные длиной 4–8 см, шириной 2–4 см, острые, на вершине остропильчатые, цельные на растущих побегах лопастные. Плоды шаровидные 6–8 мм в диаметре, красные (Васильченко, 1963). Клон *M. floribunda* 821 является иммунным к парше и несет ген *Rvi6* (*Vr*). На его основе создано большое количество иммунных сортов, в том числе и коммерческих сортов, однако в разных зонах промышленного возделывания яблони и этот ген преодолен. Зимостойкость для Сибири слабая.

На современном этапе селекции в гибридизацию наиболее целесообразно привлекать созданные на ее основе сорта яблони российской, белорусской и казахской селекции, как более адаптивные.

**Яблоня кровавокрасная (*Malus × atrosanguinea* Schneid.)** – культигенный вид (*M. halliana* × *M. sieboldii*). Жизненная форма в виде раскидисто ветвистого куста с розово-пурпурными цветками. Плоды диаметром до 1 см. Клон *M. atrosanguinea* 804 является иммунным, обладает геном устойчивости к 4 расам парши *Rvi5* (*Vm*). В селекционных программах широко используется форма SR0523 (*F2 M. atrosanguinea* 804) (Савельев, 1998). На

его основе созданы иммунные к парше сорта и доноры иммунитета, но вследствие широкого распространения 5 расы парши они теряют устойчивость к заболеванию. В низкогорье Алтая ее потомки поражаются паршой, и в первую очередь – плоды. Зимостойкость для Сибири очень слабая, в селекцию стоит привлекать сорта, полученные с ее участием, только по признаку высокого качества плодов, форме кроны и силе роста.

**Яблоня сиккимская (*Malus sikkimensis* (Wenz.) Koeh.)** – дерево высотой 5–8 м, с низко расположенной густой кроной и большим числом колючек. Плоды кубаревидные, диаметром 1,5–2 см, желто-красные в завязи сильноопушенные.

**Яблоня бурая (*Malus fusca* (Raf.) Schn.)** – дерево высотой 10–12 м, иногда растет кустообразно. Ветви темно- или каштаново-коричневые, побеги ярко-красные голые. Соцветия многоцветковые (8–12 шт.), плоды желтые с красным бочком или красные, шаровидно-овальные высотой 15–18 мм, шириной 9–12 мм.

**Яблоня переходная (*Malus transitoria* (Batal.) Schn.)** – дерево 3–5 м высотой, иногда куст, с красно-коричневой корой на ветвях. Плоды желтые или красные, шаровидные, величиной с горошину. Вид распространен в Китае, обитает на высоте до 4000 м над уровнем моря. Этот вид яблони, по мнению И. Т. Васильченко (1963), «является самым выносливым на земле к совокупности неблагоприятных условий внешней среды».

**Яблоня венечная (*Malus coronaria* (L.) Mill.)** – дерево 5–10 м высотой, кора на стволе трескается и слущивается, коричневого или красно-коричневого цвета. Крона широкая и прозрачная. Годичные побеги голые или слабоопушенные. Цветки собраны в щитки по 4–6 (3) цветков, душистые, белой, розовой или ярко-розовой окраски. Плоды плоскошаровидные или приплюснутые, зеленые, зрелые желто-зеленые, с восковым налетом, очень душистые с твердой приятно-кислой, реже терпкой и горькой мякотью. В селекции перспективно использовать ее производные на качество и продолжительное хранение плодов.

**Яблоня Зибольда (*Malus Siboldii* (Regel) Rehd.)** – дерево до 5 метров в высоту, с пурпурно-коричневыми ветвями, иногда растущее кустом. Листья яйцевидные и овальные, на верхушке заостренные, остропильчатые, нередко 3 (7-7) лопастные, снизу более или менее опушенные. Плоды шаровидные, короткояйцевидные, красные, желтые, желто-коричневые, терпкие и кисловатые. Вид распространен в лесах Японии и Корейского полуострова. В культуре распространена кустарниковая форма *M. toringo* Sieb. Интересны ее производные в селекции на устойчивость сортов к парше и мучнистой росе.

Пять последних видов яблони считаем перспективными для селекции с целью создания источников ценных признаков и расширения генетического разнообразия гибридного потомства.

## 1.2. Основы селекции яблони на зимостойкость

Зимостойкость является основной характеристикой сорта яблони, определяющей ареал возделывания, долговечность и продуктивность многолетних насаждений.

В суровых климатических условиях Сибири зимостойкость яблони имеет решающее значение, где каждые 6–11 лет повторяются зимы с низкими и продолжительными критическими для яблони температурами воздуха, когда подмерзает самый зимостойкий вид *Malus baccata* (L.) *Borkh* (Лисавенко, 1955 а, 1957 (а, б); Лучник, 1970; Калинина, 1976; Калинина, Корниенко, Ермакова, 1983; Васильева, 1969, 1991; Калинина и др., 2011; Калинина, Макаренко, 2012; Макаренко, 2013 а). Сорта яблони имеют разную степень морозо- и зимостойкости, нередко деревья хорошо переносят суровые морозы в декабре-январе и значительно страдают от сравнительно небольших морозов осенью и весной (Макаренко, 2013 б).

Под зимостойкостью понимают способность растений переносить комплекс неблагоприятных условий зимнего периода. Как правило, ни один из вредных факторов не действует на растения в отдельности, а повреждения и гибель растений в зимний период обуславливаются обычно комплексом причин. Но самая важная из них – мороз и его продолжительность. Повреждения низкими температурами служат предпосылкой для последующего губительного действия других факторов. Нередко мороз выступает в качестве завершающей причины гибели растений (Васильев, 1953).

Морозоустойчивость рассматривают как способность переносить зимние морозы подготовленных к зиме растений, определенную условиями формирования генотипа и его генетической предрасположенностью (Brierley, 1947; Мичурин, 1948; Жучков, 1957; Кеммер, Шульц, 1958; Исаев, 1966; Гоголева, Тюрина, 1966; Тюрина, Гоголева, 1966; Соловьева, 1967; Гоголева, 1968; Тюрина, Гоголева, 1978; Ефимова, 1984, 1993; Кичина, 1988, 1999 а, 1999 б, 2011; Седов и др., 1989; Савельев, 1998; Кузнецов, Дмитриева, 2005; и т.д.).

Повреждение растений в зимний период всегда было предметом внимания, но первые обоснованные попытки объяснения природы и выяснения причин гибели растений в зимнее время предприняли в конце XIX века Х. М. Мюллер-Тургау и Х. Молиш (по Васильев, 1953). По их мнению, причиной отмирания клеток является образование в них льда, ведущее к обезвоживанию протоплазмы. В дальнейшем, понимание морозостойкости и зимостойкости базировалось на физиологической и биохимической основе. Разработаны теория вымерзания растений и учение о защитных веществах, положения которых подтверждены отечественными и зарубежными исследователями (Максимов, 1952; Steponkus et al., 1982). На основании исследований И. И. Туманова (1940, 1979) доказано, что клетка гибнет, если лед образуется внутри протоплазмы

и разрушает субмикроскопическое строение содержимого клетки. Гибель происходит не только при быстром охлаждении, но и при медленном, и очень медленном, если температура снижается до опасного уровня и оставшаяся вода замерзает от ее переохлаждения (Самыгин, 1974; Quamme, 1973). Переохлажденная вода в клетках европейских сортов яблони замерзает при температуре около  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , у сибирских форм при  $-43\text{...}-46\text{ }^{\circ}\text{C}$ . С увеличением продолжительности воздействия низкой температуры и постепенном ее снижении содержание переохлажденной воды уменьшается в результате оттока к внеклеточному льду, а морозоустойчивость повышается на  $2\text{--}3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Эчеди, Теркулова, и др. 1990; Тюрина, 2000; Тюрина и др., 2000). Развитие и подтверждение знаний о зимостойкости отражены в работах многих ученых (Васильев, 1953; Мельников, 1966; Соловьева, 1967; Проценко, 1958; Острикова, 1969; Самыгин, 1974; Климанченко, Воронова, Васильева, 1981; Гудковский, Каширская, Цуканова, 2001, 2005; Кичина, 2006; Трунова, 2007; Ashwort et al., 1985; Goldstein, Nobel, 1991).

Формирование морозостойкости растений зависит от множества факторов и состоит из ряда последовательных этапов, которые протекают на фоне укорачивающегося дня (Туманов, 1979; Levit, 1974; Самыгин, 1974; Климанченко и др. 1981). Основываясь на результатах современных исследований, зимостойкость растений рассматривают как суммарный и динамичный показатель, состоящий из четырех компонентов (Brierley, 1947; Васильев, 1953, Гоголева, 1968; Резвякова, 1993; Савельев, 1998; Кичина, 1999, 2011; Тюрина, 2000; Определение устойчивости..., 2002; Трунова, 2007; Генетический потенциал, 2010):

- I – способность к своевременной и быстрой закалке и приобретению морозостойкости;
- II – развитие высокой максимальной морозостойкости;
- III – способность удерживать закалку в период оттепелей;
- IV – способность возвратного приобретения закалки и морозостойкости после оттепелей.

Заложение основ морозостойкости начинается в период вегетации, предшествующий зиме, с момента окончания активного роста (коррелятивного ингибирования или предпокоя) (Tryschuk et al., 2006; Larcher, 1995 по Тюрина, 2007), формирования и дифференциации почек, начала активных физиологических процессов на клеточном уровне от накопления пластических веществ до их метаболизма в зависимости от действия внешних факторов (рисунок 3).

Зимостойкость нередко связывают с продолжительностью и глубиной периода покоя, как закрепленного наследственностью приспособления к неблагоприятным условиям. (Леонов, 1955; Жучков, 1957; Карпов, 1961; Нестеров, 1962, 1971, 1983). Чем глубже, устойчивее и продолжительнее покой, тем выше зимостойкость растений (Проценко, 1958; Христо, 1961; Генкель, Окнина, 1964; Соловьева, 1967; Егураздова, Тюрина, 1974). При этом максимальная морозостойкость развивается после того, как органический покой заканчивается и начинается переход в состояние вынужденного (Тюрина, Гоголева, 1966).



Рисунок 3. Схема процессов, связанных с низкотемпературной адаптацией (по Тюрина, 2007)

Состояние осеннего вызревания является переходным физиологическим состоянием от вегетирующего к закаленному. Именно в этот период происходит качественная перестройка организма. В дальнейшем повышается проницаемость протоплазмы для воды, что способствует быстрому обезвоживанию клетки. В процессе происходит резкое увеличение концентрации клеточного сока. Часть сахара из клеточного сока диффундирует в протоплазму, а часть подвергается гидролитическому распаду до моносахаридов и других защитных веществ. На основании исследований Т.И. Труновой (1993) можно сказать, что развитию свойства морозостойкости способствуют сахара, которым свойственно проникать внутрь, активно включаться в метаболизм соответствующих ферментативных систем в условиях температур близких к 0 °С, переходить в другие формы сахаров с защитными свойствами.

На однолетних растениях, как объектах изучения, показано, что сахара выполняют водоудерживающую роль и приводят к уменьшению образования льда, проявляют антифризные свойства, криопротекторную роль, а также рассматривается их роль в передаче низкотемпературного сигнала и низкомолекулярных антиоксидантов (Туманов и др. 1979; Трунова, 2007).

Решающая роль во внутриклеточном обмене веществ принадлежит ДНК-РНК-системе. Белки несут генетическую информацию и определяют их тип строения в клетке. Осуществляя синтез белков, нуклеиновые кислоты входят в состав молекул ферментов и окислительных систем и являются регуляторами ферментативных процессов в организме и образуя прочные, лабильные связи с белками, с липо- и гликопротеидами.

В последние два десятилетия для изучения зимостойкости и морозостойкости используют достижения молекулярной генетики. Доказано, что высокая морозостойкость достигается экспрессией большого количества генов холодового шока, и формирование морозостойкости связано с большим количеством хромосом (Колесниченко, Войников, 2003; Колесниченко и др., 2004; Трунова, 2007; Sharkey, Schreder, Higt, 2006; Rai, Takabe, 2006).

Многие исследователи отмечают возможным повышение зимостойкости плодовых растений агротехническими приемами (Шитт, Метлицкий, 1940; Шитт, 1958; Кизюрин, 1956; Васильченко 1968, 1969; Савельева, 1967; Тихонов, 1961, 1969; Воробей, 1973; Метлицкий, 2008). Зимостойкость и восстановительную способность связывают с возрастной изменчивостью плодовых деревьев (Кренке, 1950; Шитт, 1958; Кушниренко, 1961; Кичина, 1999, Макаренко, 2013 б).

Основным способом формирования адаптивных плодовых агроценозов является создание зимостойких сортов (Мичурин 1948; Яковлев, 1950 а, б; Тарасенко, 1956; Сергеев, 1959; Ульянищев, 1962, 1968; Сюбаров, 1966, 1968; Сиймон, 1968; Ермакова, 1968, 1973, 1982, 1987; Седов, 1973, 1989, 2005, 2011; Калинина, 1976, 2008; Котов, Сюраева, 1990; Савельев, 1998; Козловская, 2003, 2015; Козловская, Камзолова, Бирюк, 2005; Орешин, Мзунин, 2008, 2009; Калинина, Ящемская, Макаренко, 2010; Савельева, 2015 а, б). Зимостойкость гибридным потомством наследуется, как полигенный признак. При подборе исходных форм необходимо учитывать их происхождение, условия формирования и отбора, генетическую предрасположенность и зимостойкость. Лучшие результаты в селекции яблони на высокую зимостойкость получены и российскими и зарубежными учеными при использовании в качестве родителей зимостойких и высокозимостойких форм.

На основании результатов многолетних наблюдений и оценки обширного генофонда яблони в полевых условиях селекционерами выделены высокозимостойкие сорта яблони, которые являются перспективными исходными формами в селекции (таблица 1). Большая группа сортов со степенью подмерзания 1,1–2,0 балла, отмеченные в работах коллективом авторов ВНИИСПК (2014, 2015), Н.Г. Красовой (1996, 2014), З.А. Козловской (2015), Н.Н. Савельевой (2015), также перспективны в селекции.

Таблица 1 – Доноры и источники высокой зимостойкости в селекции яблони для Европейской части России и ближнего зарубежья

Сортообразец	Источник
<p>Центр России</p> <p>Анис альый, Анис полосатый, Аркад желтый, Антоновка обыкновенная, Багрянка новая, Благовест, Брусничное, Болотовское, Боровинка, Белорусский синап, Белый налив, Бессемянка мичуринская, Былина, Грушовка московская, Зеленка зимняя, Зимнее, Коричное полосатое, Имрус, Коробовка, Красное летнее, Красуля, Куликовское, Уэлси, Медок, Мирон сахарный, Мирончик, Новгородчина, Орловим, Орловский пионер, Папировка, Первинка, Поповка, Ренет Черненко, Свежесть, Северный синап, Скала, Скрижапель, Старт, Титовка, Успенское, Фрегат, Чистотел, Шаропай, Юбиляр</p>	<p>Лаврик, 1961; Исаев, 1966; Седов, 1974, 2011; Таранова, 1959, 1984; Трунова, Красова, 1992; Савельев, 1998; Кичина, 2006; Земисов, 2008; Савельева, 2008 а, 2015; Красова и др., 2014; Инновации в изменении генома..., 2015</p>
<p>Беларусь, Прибалтика</p> <p>Антей, Антоновка обыкновенная, Весялина, Заславское, Память Сюбаровой, Ветеран, ВМ41497, Амисена, Утро, Лобо, Мелба, Минское, Мантет, Мечта, Коваленковское, Хипмен, Степная красавица, Уэлси, Серуэл, Белорусское малиновое, Банановое, Норис, Теллисааре, Прерии спай, Чулановка, Далменер, Старк эрли блейз, Апрельское, Ред атлас, Кортланд, Зимнее лимонное, Щедрое, Орловское зимнее, Победитель, Киевское зимнее, гибриды <i>M. coronaria</i>, <i>M. sargentii</i>, <i>M. siboldii</i>, <i>M. baccata</i>, <i>M. ×prunifolia</i></p>	<p>Сюбаров, 1968; Козловская, 2015.</p>

Наиболее зимостойкими являются потомки сибирской ягодной яблони (Лисавенко, 1938, 1941, 1952, 1955 а, 1957 а, б; Исаев, 1966; Лобанов, Яговцева, Щербинин, 1981; Лобанов, Щербинин, 1987; Седов, 2005, 2011; Ящемская, Макаренко, 2005; Рудиковский и др., 2008; Лобанов, 2009; Красова и др., 2014; Савельева, 2015), хотя они не в полной мере проявляют все свои качества в условиях зимних периодов европейской части России (Савельева, 2015). Ценными источниками высокой зимостойкости являются сорта яблони с минимальной степенью повреждения низкими температурами, выделенные в критические зимы (таблица 2) (Создать и передать..., 2010).

В последние несколько десятилетий суровым был зимний период 2009/10 г. В условиях лесостепи Алтай сотрудниками НИИСС им. Л. А. Лисавенко была проведена оценка сортового фонда по степени подмерзания. Без подмерзания были интродуцированные сортообразцы с плодами ранеточного типа Нежное забайкальское, Непобедимая Грелля, Ранетка консервная, Сибирка №9, 32-26, 18-9. Слабую степень подмерзания имели сорта НИИСС Алтайская скороспелка, Барнаулочка, Бельфлер алтайский, Горноалтайское, Доктор Куновский, Зарево, Комаровское, Ранетка плодородная, Северянка, Смугляночка, Урожайное, Юнга, 4-37-197, 2-46-57 и интродуцированные Абориген, Аленький цветочек, Анисик омский, Багрянка, Вкусное, Еличевка, Зорька, Кулундинское, Лалетина, Магистральное, Милена, Минусинское десертное, Пальметта, Патриот, Ранетка Ермолаева, Ранетка пурпуровая, Сеянец Кравченко, Сеянец Пудовщины, Сибирская заря, Сибирский сувенир, Смена, Тунгус, Яркое, 55-14-37.

Таблица 2 – Зимостойкость сортообразцов яблони в лесостепной зоне Алтая, зима 2009/10 г.

Степень подмерзания, балл	Сортообразец
	<i>селекция НИИ садоводства Сибири имени М. А. Лисавенко</i>
1,0	Алтайская скороспелка, Барнаулочка, Бельфлер алтайский, Горноалтайское, Доктор Куновский, Зарево, Комаровское, Ранетка плодородная, Северянка, Смугляночка, Урожайное, Юнга, 4-37-197, 2-46-57
2,0	Алтайское багряное, Алтайское румяное, Алпек, Алтайский голубок, Жебровское, Зимний шафран, Кузнецовское, Пепинка алтайская, Ранетка целинная, Расписное, Соловьевское, 2-37-836,
3,0	Алтайская боровинка, Алтайское бархатное, Алтайское золотое, Алтайское сладкое, Алтайское янтарное, Алые паруса, Барнаульское раннее, Ермаковское горное, Жар птица, Золотая тайга, Коллективное, Лучистое, Неженка, Осенняя радость Алтая, Приусадебное, Снегирек, Сочное, Стройное, Сувенир Алтая,
4,0	Алтайская красавица, Алтайское десертное, Алтайское зимнее, Алтайское крапчатое, Алтайское нарядное, Алтайское новогоднее, Алтайское пурпуровое, Алтайское раннее, Алтынай, Заветное, Космическое, Красная горка, Новость Алтая, Осеннее солнышко, Подарок садоводам, Феникс алтайский, Шафран алтайский,
5,0	Алтайское юбилейное,
	<i>Сибирская, уральская, канадская селекция</i>
0-0,5	Нежное Забайкальское, Непобедимая Грелля, Ранетка консервная, Сибирка №9, 32-26, 18-9
1,0	Абориген, Аленький цветочек, Анисик омский, Багрянка, Вкусное, Еличевка, Зорька, Кулундинское, Лалетина, Магистральное, Милена, Минусинское десертное, Пальметта, Патриот, Ранетка Ермолаева, Ранетка пурпуровая, Сеянец Кравченко, Сеянец Пудовщины, Сибирская заря, Сибирский сувенир, Смена, Тунгус, Яркое, 55-14-37
2,0	Аленушка, Веселовка, Воспитанница, Спорт Метла, Уралец, Уральское наливное, Эксеттер, Юность, Dolgo, Rescusi
3,0	Аленушка, Баганенок, Бердское, Добрыня, Исетское позднее, Любимец, Серебряное копытце, Чайка, 20-52-10
4,0	Анис свердловский, Брат Чудного, Дачная, Зимнее Байкалова, Красноярское зимнее, Любава, Настенька, Свердловчанин, Сибирская красавица, Чудное, Янтарь, Pattensin,
5,0	Персиянка

С развитием теории зимостойкости, как многокомпонентного фактора, разработан лабораторный метод оценки зимостойкости сортов и гибридного фонда (Тюрина, 1978). С помощью данного метода за короткий промежуток времени можно провести предварительную оценку объемного гибридного фонда, выявить главные повреждающие факторы, влияющие на продуктивность и долговечность деревьев, частоту их повторяемости, время возникновения и характер повреждений. В ведущих научно-исследовательских учреждениях его используют для предварительной оценки зимостойкости гибридного фонда, исходного материала и сортов (Гоголева, Тюрина, 1966; Алексеев, 1983; Ефимова, 1984; Трунова, Красова, Резвякова, 1993; Кичина, 1999; Ожерельева, Седов, 2009, 2011; Савельева, 2008 а, 2015; Красова и др., 2014; Инновации в изменении генома яблони..., 2015). Параметры климатической модели искусственного промораживания разрабатывают для конкретных территорий на основе анализа многолетних данных климатических условий и полевых наблюдений за степенью подмерзания

сортообразцов. Но в условиях Сибири с трудом можно полностью смоделировать условия окружающей среды, в особенности длительные морозные периоды, продолжительность которых в естественных условиях достигает 70 дней.

В научных учреждениях по селекции и сортоизучению проведена оценка зимостойкости генофонда яблони методом искусственного промораживания. В ВНИИГиСПР выделены сорта, сочетающие в своем генотипе высокие уровни по всем четырем компонентам зимостойкости *M. baccata* 1/1, *M. baccata* 8-7, Якутская 1 и Нижегородская 2р; по I, II и IV компонентам Горноалтайское и Уралец; сорта народной селекции: Бабушкино, Ивановка, Июльское Черненко, Грушовка московская, Коричное полосатое, Мирон сахарный, Скала, Успенское, Терентьевка, на уровне Антоновки обыкновенной Боллер, McIntosh, Корнел Мекинтош, Red McIntosh, Мекспур, Мильтош и Девоспур (Савельев, 1993, 1998; Земисов, 2008; Савельева, 2008 а, 2015).

По данным исследований во Всероссийском научно-исследовательском институте селекции плодовых культур (далее ВНИИСПК) высоким уровнем зимостойкости по всем компонентам обладают сорта Августа (3х), Болотовское, Вита, Веняминовское, Ветеран, Дарена, Желанное, Жилинское (3х), Здоровье, Имрус, Кандиль орловский, Куликовское, Курнаковское, Меканис, Надежное, Орлик, Орлинка, Орловим, Орловское полосатое, Олимпийское, Память Исаева, Память воину, Патриот (3х), Раннее алое, Рождественское (3х), Свежесть, Синап орловский, Созвездие, Солнышко, Старт, Чистотел, Юбилей Москвы, Юбиляр (3х), Яблочный спас (3х) (Трунова, Красова, 1992; Резвякова, Седов, Трунова, 1993; Трунова, Резвякова, 1995; Седов, 1995; Седов, Резвякова, Трунова, 1996; Ожерельева, Седов, 2011; Красова и др., 2014; Инновации в изменении генома яблони...., 2015).

Тетраплоидные формы 13-6-106, 25-37-45, 30-47-88, 25-35-121, рекомендуемые в качестве доноров диплоидных гамет в селекции на полиплоидном уровне, обладают потенциалом устойчивости по I и IV компонентам зимостойкости на высоком уровне, по II и III компонентам зимостойкости данные формы проявляют потенциал устойчивости на среднем уровне для европейской части центральной России (Инновации в изменении генома яблони...., 2015).

К сортам яблони в Сибири предъявляют требования по формированию зимостойкости в сжатые сроки с высокими показателями по каждому компоненту зимостойкости. При оптимальных условиях закалки почки, камбий, ткани коры и флоэмы алтайских сортов способны развивать устойчивость к температуре воздуха до -55 °С и ниже (Лобанов, 2009). Модель искусственного промораживания на Алтае включает критерии оценки:

I компонент – после закалки промораживание во второй половине октября при температуре -35...-45 °С;

II компонент – промораживание в середине зимовки при температуре -50...-60 °С для почек и тканей коры, флоэмы и камбия и при -42...-48 °С для ксилемы;

III компонент – промораживание ветвей при температуре  $-27...-30$  °С после оттепели в  $1-2$  °С, продолжительностью от 1 до 5 дней;

IV компонент – промораживание при температуре  $-40...-45$  °С после оттепели с температурой воздуха  $+2$  °С (5 дней) и последующей закалки при температуре  $-5...-10$  °С (3 дня). Эталон – сорт Горноалтайское (Лобанов, <http://www.lem.h12.ru>).

На обширном материале по накоплению и динамике метаболизма биологически активных веществ, сахаров, белков, ферментов проведены исследования по выявлению сопряженности данных процессов с адаптивностью плодовых растений к условиям зимнего периода и их устойчивостью к низкотемпературному стрессу. Их результаты послужили основой для разработки косвенных методов по выявлению высоко адаптированных растений на ранних этапах селекционного процесса (Schmitz, 1996; Гудковский, 2005; Ярмолич, Козловская, Бирюк, 2008; Красова и др., 2014; Козловская, 2015). Многочисленные косвенные методы подкупают своей простотой и экспрессностью, но имеют невысокую надежность. Сфера их применения ограничена узким кругом объектов, для которых установлена сопряженность с условиями проявления (Levitt, 1972; Лобанов, 2009 <http://www.lem.h12.ru>).

По результатам исследований косвенным показателем в оценке зимостойкости сортов и селекционного материала является накопление крахмала в листьях (Лимбергер, 1976; Лимбергер, Высоцкая, 1976; Бирюк, 2002, 2004, 2005). Больше количество крахмала (не менее 0,65 %) накапливают сорта с повышенной зимостойкостью. По результатам оценки годовой динамики крахмала в условиях Республики Беларусь установлено, что оптимальным сроком по оценке уровня его содержания в листьях является июнь, а степени гидролиза при режиме промораживания при  $-17$  °С – в течение суток. Высокозимостойкие сорта характеризуются большей степенью гидролиза крахмала (Козловская, 2015). Аналогичные результаты получены исследователями ВНИИСПК (Красова и др., 2014).

По данным Н. И. Плотниковой (1963), при сравнении углеводного обмена у двух различных по зимостойкости яблонь специфических различий, которые бы указывали на коррелятивную связь с морозостойкостью не установлено. В дальнейшем выявлено, что количество растворимых сахаров и пектиновых веществ в листьях не может служить диагностическим показателем в определении степени зимостойкости яблони, так как их содержание сортоспецифично (Починок, 1983; Бирюк, 2004; Козловская, 2015).

Содержание биофлавоноидов в листьях зависело от срока их сбора. Максимальное содержание для всех сортов наблюдали в сентябре, но разницы между сортами с разной зимостойкостью не выявлено.

Количество сахаров в почках, коре и побегах сортообразцов яблони существенно изменяется в течение сезона и является сортоспецифичным показателем, но у зимостойких

образцов в зимний период количества сахара выше в сравнении с незимостойкими (Сергеева, 1971; Иванченко, Фисенко, Мигин, 1977; Красова и др., 2014). В качестве диагностического критерия устойчивости к низким температурам и жаростойкости Т. Н. Дорошенко (2002) предлагает использовать «фруктозный» коэффициент в почках годовичного прироста и отношение РНК/ДНК в верхушечных меристемах однолетнего прироста в состоянии глубокого покоя. По динамике содержания ДНК и РНК, их активности выявляются различия между контрастными по зимостойкости формами (Levit, 1972; Дорошенко и др., 2005).

Частью комплекса защитных механизмов клетки является накопление высокогидрофильных термостабильных белков дегидринов, пролина, бетаина (Close, 1997). На однолетних объектах установлена сопряженность накопления свободного пролина в вегетативных органах и их морозоустойчивости (Агафонов, Кутовой, Шевченко, 1975). По плодовым растениям сведений очень мало (Ненько, Красова, Артюх и др., 2010; Ненько, Дорошенко, Красова, 2012; Артюх, Ненько, Красова, 2014). По данным С. Н. Артюх и Н. Г. Красовой (2011, 2015) после воздействия температурой  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  у сортов яблони увеличивалось содержание пролина в коре. Его высокое содержание в коре и существенное увеличение количества после промораживания характерно для высокоустойчивых к воздействию низких температур сортов. Отбор форм с максимальным накоплением пролина и оксипролина в период вынужденного покоя – один из путей эффективного сдерживания набухания плодовых почек у абрикоса (Голубев, 2010, 2011).

По данным А. М. Голубева (2011) в районах с резко-континентальным климатом необходимо контролировать содержание прочно связанной воды, а также состав и наличие дегидринов, т.к. чем выше скорость накопления и деградации дегидринов в коре яблони, тем выше холодоустойчивость сортообразца (Раченко и др., 2010, 2011).

Интерес к активности ферментов в период адаптации растений к холодному стрессу исследователи проявляли еще в начале прошлого века (по Васильченко, 1953). К настоящему времени накоплен обширный материал по ответной реакции растений на неблагоприятные факторы различного рода, в том числе и на повышение активности пероксидазы. В многочисленных работах отмечены положительные корреляции степени морозостойкости генотипа с ее активностью. Однако использовать общую активность пероксидазы для диагностики устойчивости сортов яблони к низким температурам из-за отсутствия четких взаимосвязей между уровнем зимостойкости сорта и реакцией фермента на промораживание не целесообразно (Бирюк, 2005). По данным И. П. Петуховой (1977), повышенная активность пероксидазы в условиях юга Приморья отмечена у менее зимостойких интродуцентов по сравнению с местными, более зимостойкими растениями и ее можно расценивать, как защитную реакцию.

Комплексная работа по разработке метода оценки устойчивости сортов яблони к холодному стрессу на основе активности изозимного состава пероксидазы проведена З. А. Козловской, Е. Н. Бирюк. Идентифицированы сходные изозимы пероксидазы, но разные по количеству в листьях у всех изученных сортов с  $R_f \sim 0,16; 0,23; 0,25; 0,37; 0,39; 0,48$  и  $0,61$ . Денситрометрический анализ позволил определить относительное содержание каждого белкового компонента. У высокозимостойких сортов выявлено наличие специфических компонентов с  $R_f \sim 0,53; 0,56; 0,66$ . После промораживания листьев в течение суток при температуре  $-17\text{ }^\circ\text{C}$  установлено, что компонентный состав пероксидазного спектра у слабозимостойких сортов характеризуется существенным увеличением активности высокоподвижных изоформ с  $R_f \sim 0,53-0,70$  и исчезновением слабоподвижных изоформ с  $R_f \sim 0,28$  и  $0,30$ , которые являются маркерами низкой зимостойкости (Козловская, 2015).

Результаты, полученные при оценке исходных форм яблони на зимостойкость с помощью изоферментного анализа, практически полностью совпадают с данными метода прямого промораживания. Так косвенным методом можно выделить только зимостойкие и слабозимостойкие, определяющиеся разностью в активности ряда изоформ, тогда как прямым методом, возможно, более точно установить степень устойчивости к различным повреждающим факторам зимнего периода (Козловская, 2015). Четкой корреляции между числом изозимов и зимостойкостью изученных сортов сибирской селекции не выявлено (Воронова, 1981).

Физиологами установлено, что в процессе предпокоя и закаливания растений происходит повышение величины низкочастотного сопротивления однолетних побегов. На основании данного физического явления предложен метод низкочастотного электрического импеданса для диагностирования морозостойкости плодовых растений (Голодрига, Осипов, 1972; Кузьмин, 1985; Щербинин, Лобанов, 1987; Лобанов, 2009). Метод проверен на косточковых культурах, яблоне, облепихе, смородине черной и винограде. По результатам исследований выявлено, что в течение года изменение импеданса зависит от температуры окружающей среды и имеет много общего с сопротивлением полиэлектролитов. Более высокие показатели низкочастотного сопротивления были у форм, проявляющих высокую морозостойкость. По мере завершения органического покоя и перехода в вынужденный происходит снижение показателей импеданса тканей побега, хотя способность к закаливанию не снижается, а напротив усиливается. Но вследствие высокой чувствительности импеданса к температуре, оценку следует проводить в стабилизированном температурном режиме, либо определить температурный коэффициент перевода, что требует проведения дополнительных исследований.

Анализ наследования признака зимостойкости свидетельствует о том, что он контролируется большим количеством генов и наследуется как количественный признак. Многие исследователи в передаче признака решающей считают материнскую исходную форму

(Веньяминов, 1947; Мичурин, 1948; Лисавенко, 1957, 1967 в; Горшков, 1961; Исаев, 1966; Максимова, 1967; Калинина, 1976, 2008), а в некоторых случаях отцовскую (Седов и др., 1989; Савельев, 1998).

Межвидовая и географически отдаленная гибридизация плодовых культур с использованием зимостойких исходных форм дает положительные результаты в селекции на зимостойкость (Жаворонков, 1938, 1950, 1956, 1966; Веньяминов, 1969; Костык, 1956; Кедрин, 1957, 1961; Васильева, 1959, 1969, 1991; Горшков, 1961; Лобанов, 1961, 1971; Исаев, 1966; Казьмин, 1969; Седов, 1973; Савельев, 1998; Кичина, 1999, 2011; Попов, 2006; Калинина, Ящемская, Макаренко, 2010; Савельева, 2015).

Теоретической основой создания зимостойких сортов яблони в Сибири является метод межвидовой и географически отдаленной гибридизации (Цицин, 1971; Вавилов, 1967, 1987). Практическое вовлечение в селекцию *M. baccata* – сибирской яблони – позволяет создать зимостойкие для Сибири сорта яблони (Мичурин, 1948; Лисавенко, 1952, 1955 б, 1957 а, 1962, 1967 а, б; Калинина, 1955, 1956, 1958, 1959, 1966; 1976; Ермакова, 1971, 1982, 1987; Калинина, Корниенко, 1972; Калинина, Корниенко, Ермакова, 1983; Ящемская, 2000; Макаренко, 2006, Калинина и др., 2010; Калинина, Макаренко, 2013; Макаренко, Калинина, 2016).

### **1.3. Основы селекции яблони на устойчивость к биотическим факторам**

Создание сортов яблони, устойчивых и иммунных к болезням, является приоритетным направлением во многих селекционных программах мира, так как значительная часть коммерческих сортов мирового сортимента с качественными плодами (Fuji, Gala, Braeburn, Golden Delicious, Delicious, McIntosh, Champion и др.) не достаточно устойчивы к широко распространенным болезням и вредителям. Производство плодов требует обработки насаждений яблони пестицидами до 18-20 раз за сезон. Введение толерантных сортов в культуру, существенно снизит пестицидную нагрузку на агроэкосистему сада до профилактической обработки и позволит получать экологически чистую продукцию.

Наиболее радикальное и главное направление в борьбе с болезнями и вредителями, по мнению Н. И. Вавилова (1987), И. В. Мичурина (1948) и их последователей, является создание и использование высокоустойчивых и иммунных сортов с тщательным подбором исходных форм, основанных на знании закономерностей наследования важнейших признаков (Лихонос, 1936, 1983; Жаворонков, Ванин, 1969; Исаев, 1966; Яковлев, 1950; Калинина, 1976; Барсукова, 1993, 2003, 2007; Савельев, 2000, 2003, 2005; Седов, 2005, 2011; Калинина, Ящемская,

Макаренко, 2010; Савельева, 2015; Козловская, 2015; Макаренко, Калинина, 2016).

В последние несколько десятилетий мы наблюдаем участившиеся климатические флуктуации, которые вызывают стрессы у плодовых растений и эпифитотийное развитие болезней яблони. Как правило они связаны с дефицитом среднегодовых температур, заморозками, неблагоприятными условиями зимнего периода, сокращение периода вегетации (Жидков, 1977; Ищенко, 2010). Так Ю. Кранц (Kranz) указывает, что только для яблони известно 800 возбудителей (Kranz, 1975 по Ищенко, 2010).

Широкое распространение в насаждениях яблони и наибольший экономический урон яблони *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint (рисунок 4) наносит парша. Она существенно снижает товарные качества плодов, ухудшает ассимиляционную деятельность листового аппарата, ослабляет общее состояние деревьев, что в свою очередь влияет на зимостойкость и снижает их продуктивность (Ермакова, Калинина, 1975; Ермакова, 1973; Калинина, 1976; Седов, Жданов, 1983; Ящемская, 1997, 1999; Котов, 2000, 2003; Калинина, Ящемская, 2004). В последнее время проявляется ощутимый ущерб, наносимый монилиозом и европейским раком.



Рисунок 4. Плоды сорта Ломоносовское пораженные паршой, 2009 г.

Одной из главных проблем селекции яблони во всех регионах России является создание высокоустойчивых и иммунных к парше сортов. Именно в этом направлении достигнуты существенные результаты.

Большой вклад в развитие генетики иммунитета растений, исследования эволюционных аспектов его возникновения и специализации фитопатогенов внесли работы Н. И. Вавилова (1931, 1935, 1967, 1987). Логическим продолжением и развитием идеи стали работы П. М. Жуковского (1950, 1959, 1961, 1965, 1971, 1973), который сформулировал теорию сопряженной эволюции хозяина и паразита на их совместной родине. Теория сопряженной эволюции нашла подтверждение в работе Флора (1971), на основании которой для каждого гена, обуславливающего повреждение или пятно, у патогена, имеется соответствующий ген восприимчивости или устойчивости у хозяина. Способность отдельных изолятов *V. enaequalis* избирательно поражать отдельные сорта яблони трансформировалась в словосочетание «ген против гена» (Дьяков, 1973).

Виды и сорта яблони имеют разную природу устойчивости к парше. Растения могут быть достаточно успешно защищены комплексом неспецифических факторов, связанных с морфологией, физиологией растений и имеющих общее адаптационное значение (Плотникова, 2007). Одни связывают ее с особенностью клеточного сока растений (Johnston, 1931), с концентрацией фитонцидов (Белоус, 1961; Устюгова, 1969 Вердеревский, 1987), с анатомическими и морфологическими особенностями строения листовой пластинки (Дементьева, 1962; Ванин, 1967). Другие объясняют невосприимчивость к парше особенностями обмена веществ, возникающим между паразитом и растением хозяином (Nusbaum and Keitt, 1938; Горнленко, 1962; Пяrtleль, 1962; Рубин, 1977). Особенно важными факторами иммунитета считают окислительные ферменты, разрушающие токсические продукты жизнедеятельности паразита, вызывающие некрозы в местах поражения и принимающие активное участие в восстановлении поврежденных тканей (Ищенко, 1965, 2010; Ванин 1967; Соколова, 1969). Некроз сопровождается защитную реакцию разобщением питательной связи паразита и хозяина и, как синтетический субстрат, индуцирует израстание, стерильность и сапрофитизм (Ищенко, 2010).

На формирование и проявление устойчивости и иммунности сорта влияют условия среды, генетические особенности, расовый состав и вирулентность возбудителя (Жуковский, 1959, 1961, 1971; Лобанов, 1969; Жданов, 1979, 1980, 1981, 1982; Седов, Жданов, 1983; Жданов, Седов, 1991; Crosby and al., 1992; Ищенко, 2010). На основании установленных фактов наследуется не определенная степень иммунитета или восприимчивости, а норма реагирования на разные условия. Меняя условия среды можно изменить иммунитет (Вавилов, 1967).

Понятия о вертикальной и горизонтальной устойчивости растений к болезням введены Я. Ван дер Планком (1972), которые в скором времени оказались спорными на фоне накопившейся

информации о развитии патосистем (Жданов, Седов 1991; Плотникова, 2007). Позднее основные типы устойчивости яблони к парше определены (Dayton, Bell, Williams, 1983) как относительная (частичная) устойчивость и невосприимчивость (иммунитет). При этом установлено, что длительная устойчивость к парше может определяться моно-, олиго- и полигенами.

Полигенная (полевая, горизонтальная) устойчивость контролируется многими генами и зависит от условий окружающей среды, сдерживает развитие эпифитотий и обеспечивает более длительные формы устойчивости (Дьяков, Одинцова, 1973):

1. Скорость прохождения восприимчивой фазы;
2. Устойчивость к заражению, на которую влияют восковой налет, опушенность листьев, строение и количество устьиц, толщина кутикулы и других мест инфекции, соотношение веществ ингибирующих и стимулирующих прорастание патогена.
3. Скорость распространения в зараженных тканях, на которую влияют наличие механических преград, присутствием в клетках веществ, вредных для паразита, недостатком питательных веществ необходимых паразиту.
4. Инкубационная устойчивость.
5. Продуктивность инфекции.
6. Жизнеспособность инфекции.
7. Толерантность растения, т.е. способность формировать удовлетворительный урожай, не смотря на пораженность.

Изначально оценку устойчивости сортов к парше на полигенной основе исследователи проводили на естественном инфекционном фоне в эпифитотийные годы. Среди огромного многообразия сортов яблони лишь немногие относительно устойчивы к патогену (Лаврик, 1951; Леонова, Леонов, 1951; Лаптев, 1960; Нестеров, 1972; Седов, 1974, 2011; Кушнарера, 2010; Козловская, 2015). Сотрудниками ВНИИСПК (г. Орел) на естественном инфекционном фоне изучено большое количество сортообразцов яблони, среди них выделено более 100 со степенью поражения паршой 0–2,5 балла, их считают источниками относительной устойчивости. По эффективности комбинаций скрещивания перспективными исходными формами считают сорта: Алтайский голубок, Антоновка обыкновенная, Бессемянка мичуринская, Зоренька, Десертное Исаева, Коммунарка, Коричное новое, Медуница, Ренет Черненко, Ренет украинский, Спартан, Стримка, Уэлси, Феникс, Фиолетовое (Седов, Жданов, 1983; Красова, 1996:). Наиболее устойчивыми являются сорта Коммунарка, Нежное забайкальское, Пепин орловский, Ренет Черненко, Ренет украинский, Стримка, Феникс (Седов, 2005). В Республике Беларусь высокую полигенную устойчивость имеют сорта Антоновка, Банановое, Алкмене, Альбрехтапфель, Белорусский синап, Бессемянка Мичуринская, Вербнае, Коштеля, Новое бернское розовое, Пепин литовский улучшенный, Ред Боскоп, Стойкое, Харальсон, Хипмен, Чаравница, Чулановка

(Козловская, 2015). В условиях Казахстана высокая полевая устойчивость у сортов Бельфлер желтый, Заря Алатау, Ренет ландсбергский, Изобильное (Левина, Виновец, Остаркова, 1989; Виновец, 1989). В условиях Екатеринбурга, по данным Л. А. Котова (2003, 2011), полевой устойчивостью к парше обладают сорта: Апорт среднерусский, Апрельский блеск, Боцман, Весеннее, Витаминное белое Вигорова, Горнист, Данилова, Дачная, Дочь радуги, Дочь Пепинчика, Исеть белая, Космонавт, Крайняя, Ксения, Лежкое желтое (76 Д П-Н), Малиновка витаминная, Малышова, Мечта, Непобедимая Мельникова, Налив исетский, Подарок осени, Пепин шафранный, Радоница, Рекорд Мичурина, Румянка свердловская, Синаповидный, Соковое-3 (на уровне иммунитета), Уралец, Уральское розовое, Экранное, Шараташ. На юге Красноярского края в условиях сухого климата Минусинска высокая полевая устойчивость к парше у сортов Мартьяновское, Синап минусинский, Минусинское летнее, Юбилейное Шевченко (Муравьев, 2007).

В природе существует большое количество клонов с различным уровнем патогенности для видов и сортов яблони гриба-возбудителя парши *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. (Keitt Palmiter, 1938; Горленко, 1962; Горленко, Панько, 1967, Жданов, 1982; Седов, Жданов, 1983), которые были систематизированы на расы в зависимости от их вирулентности по отношению к видам и сортам (Козловская, 2003).

Основой селекционных программ яблони на иммунитет к парше стали исследования Л. Ф. Хаффа (1944). Проводя оценку коллекции яблони в эпифитотийный год среди потомства (*M. floribunda* 821 × Ром Бьюти) × (*M. floribunda* 821 × Ром Бьюти), были выделены формы F226829-2 и F226830-2 без признаков поражения паршой. Изучение потомства от скрещивания этих форм подтвердило, что устойчивость к парше контролируется одним доминантным геном или блоком тесно связанных генов (Hough, Shay, Dayton, 1953). С 1945 г. в США начата комплексная программа (PRI) по созданию коммерческих сортов яблони на основе гена  $V_f$  от *M. floribunda* 821 и других доноров олигогенной устойчивости (Crosby, et al., 1992; Janick et al., 1996; Laurens, 1998; Janick, 2002). Генетический материал этой программы стал источником всех селекционных программ мира.

К текущему моменту с привлечением в селекцию источников и доноров олигогенной устойчивости к парше создано более 280 сортов яблони (таблица 3), в значительной части которых иммунитет контролируется геном  $V_f$ . Наиболее результативной селекцией была в Германии, где создано 14 сортов яблони с геном *Rvi6*, 4 сорта с геном *Rvi5* и 2 с геном *Rvi10*; в США – 14 сортов с геном *Rvi6*; в Канаде – 8 сортов с геном *Rvi6*, сорта Муррей, Раувил – с геном *Rvi5* и Нова Изигроу – с геном *Rvi17*; в Чехии – 12 сортов с геном *Rvi6*; во Франции – 6 сортов с геном *Rvi6* (Савельева, Савельев, 2008 б; Crosby et al., 1992; Jonsson, Tahir, 2004; Laurens et al., 2012).

Таблица 3 – Достижения по селекции сортов яблони с моногенной устойчивостью к парше (*Venturia inaequalis* Cooke, Wint.) (Crosby, Janick, Pecknold et al., 1992; Савельева, 2015) с дополнениями

Страна	Ген	Сорта	Источник
1	2	3	4
РОССИЯ ВНИИСПК (Орел)	<i>Rvi5</i>	Зарянка, Министр Кисилев, Орловим, Орловский пионер, Память Исаева, <i>Патриот</i> , Первинка, Подарок учителю, Поэзия, Славянин, Соковинка, Чистотел	Е. Н. Седов, 2005, 2007 а, 2011; Е. Н. Седов и др., 2013; Е. Н. Седов и др., 2015
	<i>Rvi6</i>	Александр Бойко, Афродита, Благодать, Болотовское, Вавиловское, Веняминовское, Жилинское, Здоровье, Ивановское, Имрус, Кандиль орловский, Курнаковское, Орловское полесье, Памяти Хитрово, Приокское, Рождественское, Свежесть, Солнышко, Старт, Строевское, Тургеневское, Юбилей Москвы, Юбиляр	
ВНИИСПК (Орел) СКЗНИИСиВ (Краснодар)	<i>Rvi6</i>	Амулет, Василиса, Виола, Кармен, Красный янтарь, Любава, Марго, Масловское, Ника, Орфей, Память Евдокимова, Рассвет, Союз, Спасское, Талисман, Юнона, Яблочный спас	Помология, 2005; Е. Н. Седов, 2011; Е.В. Ульяновская, 2014
СКЗНИИСиВ (Краснодар)	<i>Rvi6</i>	Азимут, Атласное, Гранатовое, Дин Арт, Зимнее утро, Очи черные, Памяти Сергееву, Подарок Ставрополю, Сувенир Кавказа, Фортуна, Юбилей агроуниверситета	Е.А. Егоров, 2013
Крымская ОСС СКЗНИИСиВ (Крымск)	<i>Rvi6</i>	Белое солнце, Золотой поток, Кубаночка, Щедрость, Лето красное	Г.В. Еремин и др., 2008
ВНИИГиСПР (Мичуринск)	<i>Rvi6</i>	Академик Казаков, Вымпел, Благовест, Былина, Красуля, Скала, Чародейка, Успенское, Флагман, Фрегат	Н. И. Савельев, 2007, 2014, Н.Н. Савельева, 2016
	<i>Rvi6</i> , <i>Co</i>	3-19, 64-88 (30), 64-50	Е.Н. Савельева, Н. И. Савельева, 2012
ВСТИСП (Москва)	<i>Rvi5</i>	Червонец, Марат Бусурин	В. В. Кичина, 2005, 2006
	<i>Rvi6</i> , <i>Co</i>	Валюта, Лукомор, Триумф, Сенатор	
ВНИИ люпина (Брянск)	<i>Rvi5</i>	Брянское, Викор	А.И. Астахов, 2005
НИИ садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко	<i>Rvi6</i>	Поклон Шукшину, Шушенское	И. П. Калинина и др., 2010
ВНИИЦиСК (Сочи)	<i>Rvi6</i>	Черноморское Инденко, Раздольное	И.Ф. Инденко, 2003, 2009, 2015
Свердловская селекционная станция садоводства (Екатеринбург)	<i>Rvi5</i>	Родниковая, Розочка, Белизна, Рассвет исетский, Утренняя роза, Вера, Вектор, Приисковое, Данила, Вэм-сувенир, Таватуй, Полет, Аять, Ромашка	Л.А. Котов, 2008, 2011
	<i>Rvi6</i>	Аксена, Имсинап, Имбеяна, Благая весть, Первоуральская, Беянка новая, Мотив, Устойчивая, Кумачевое, Пионерская, Симфония, Титул	

продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Кабардино-Балкарская ГСХА (Нальчик)	<i>Rviб</i>	Флорайда, Заря Кавказа, Пшэпл, Сатаней, Сипсэ, Эльбрусское иммунное, Альпинист иммунный, Султаней	А.Р. Расулов, 2005; А.С. Шидакова и др., 2011; А.Х. Пшеноков, 2012
БЕЛАРУСЬ	<i>Rviб</i>	Аксамит, Белана, Белорусское сладкое, Дарунак, Дыямент, Зорька, Имант, Красавита, Нававита, Надзейны, Память Коваленко, Поспех, Сакавита, Сябина, Серафима	З.А. Козловская, 2015; З.А. Козловская и др., 2014; В.А. Самусь, 2007
КАЗАХСТАН	<i>Rviб</i>	Заман, Максат, Сая, Дастан, Егемен, Жаркын	Нуртазина Н.Ю, 2008, 2010; Нуртазина, Нуртазин, 2013.
УКРАИНА	<i>Rviб</i>	Скифское золото, Амулет, Перлына Києва, Цыганочка, Гарант, Эдера, Червона Рута, Голубка, Ася, Спарта, Эдем	В.П. Копань и др., 2003, 2013
США	<i>Rviб</i>	Прима, Присцилла, Сэр Прайз, Дейтон, Джонафри, Редфри, Уильямс Прайд, Мак-Шей, Голд Раш, Интерпрайз, Пристин, Скарлетт о' Хара, Либерти, Фридом	J. Crosby et al., 1992; S. Brown, K. Maloney, 2003
КАНАДА	<i>Rvi17</i>	Нова изигро	J. Crosby et al., 1992; S. Brown, K. Maloney, 2003; E. Williams et al., 1972, 1975, 1981; G. Rouselle et al., 1983
	<i>Rvi5</i>	Муррей, Раувилл	
	<i>Rviб</i>	Макфри, Мойра, Трент, Брайтголд, Ришелье, Белмак, Примевера, Новамак, Новаспай	
БРАЗИЛИЯ	<i>Rviб</i>	Принцесса, Примичия, Фред Хаф, Катарина, Кондесса, Дюквеза, Кариция	F. Denardi et al., 1998; S. Brown, K. Maloney, 2003
ВЕНГРИЯ	<i>Rviб</i>	Artemisz, Hesztiа, Rosmerta	Toth et al., 2011
ФРАНЦИЯ	<i>Rviб</i>	Прайм, Флорина, Боджейд, Инициал, Гармония, Делорина, Галарина	V. Lespinasse et al., 1985; F. Laurens et al., 2000; S. Brown, K. Maloney, 2003
ГЕРМАНИЯ	<i>Rvi10</i>	Реглиндис, Ребекка	M. Fischer, C. Fischer, 1996; M. Fischer, 2000
	<i>Rvi17</i>	Реалка, Релета, Ремура, Река	
ГЕРМАНИЯ	<i>Rviб</i>	Ремо, Ретина, Ревена, Рене, Реанда, Ребелла, Релинда, Релейка, Рези, Ренора, Регина, Ариста, Ара, Герлинда	S. Brown, K. Maloney, 2003
ИТАЛИЯ	<i>Rviб</i>	Прим Ред, Нова, Саммерфри, Голден оранж, Ред Эарлиб	S. Sansavini, M. Venturia, 1994; A. Bergamini et al., 2002
АНГЛИЯ	<i>Rviб</i>	Гевин, Сатурн	K. Evans, 1996
ШВЕЙЦАРИЯ	<i>Rviб</i>	Арива	S. Brown, K. Maloney, 2003
ГОЛЛАНДИЯ	<i>Rviб</i>	Эколетте, Сантана	B. Meulenbroek, T. Nijs, 1996
БЕЛЬГИЯ	<i>Rviб</i>	Мерлин	S. Brown, K. Maloney, 2003
РУМЫНИЯ	<i>Rviб</i>	Ромус 1, Ромус 2, Ромус 3, Пионер, Воине, Iris, Goldprim, Ionaprim, Ciprian, Redix, Rebra	N. Braniste, 1997 Militaru, 2010
ПОЛЬША	<i>Rviб</i>	Валерия, Витос, Голд Миллениум, Мелфри, Одри, Редкрафт, Примула, Сава, Фри Редстар, Шопен	E. Zurawicz, S. Zagaja, 1981; M. Szklarz, 2004, 2006; M. Lewandowski et al., 2011; E. Pitera, 2011

окончание таблицы 3

1	2	3	4
ЧЕХИЯ	<i>Rvi6</i>	Аметист, Ангольд Анета, Биоголден, Бланик, Ванда, Весна, Виктория, Голдстар, Дукат, Иммуна, Катка, Кармина, Кордона, Лотос, Мелодия, Нела, Опал, Орион, Отава, Райка, Резиста, Розана, Розела, Рубинола, Селена, Стела, Топаз	J. Crosby et al., 1992; J. Blazek, 2004; J. Blazek et al., 2006; F. Parpštein et al., 2006

На территории бывшего СССР практически во всех селекционных учреждениях с 70–80-х гг. XX века начата работа по созданию иммунных сортов яблони на основе использования главных генов устойчивости  $V_f$ ,  $V_m$ ,  $V_r$  (Седов, 1973; Ермакова, 1972; Седов, Жданов, Седова и др., 1989; Седов, Жданов, 1983; Ящемская, 1997, 1999, 2003; Котов, 2000, 2011; Седов, 2004, 2005, 2011).

Масштабная работа по изучению исходных иммунных форм и созданию иммунных сортов, ускоренному отбору на иммунитет, проводят сотрудники ВНИИСПК под руководством академика РАН Е. Н. Седова (г. Орел). Результатом междисциплинарной работы стали сорта с геном *Rvi6*: Афродита, Болотовское, Веняминовское, Вятич, Здоровье, Имрус, Кандиль орловский, Курнаковское, Орловское полесье, Памяти Хитрово, Рождественское, Свежесть, Солнышко, Старт, Строевское, Юбилей Москвы, Юбиляр; с геном *Rvi5*: Зарянка, Орловим, Орловский пионер, Памяти Исаева, Первинка, Славянин, Чистотел (Седов, Красова, 2000; Седов, 2005; Седов, Жданов, 2007; Седов, Серова, Красова, 2007 а; Инновации в изменении генома яблони..., 2015).

В Северо-Кавказском зональном НИИ садоводства и виноградарства на базе доноров гена *Rvi6* созданы сорта Очи черные, Память есаулу, Фортуна, а также методом полиплоидии совместно с ВНИИСПК Амулет, Василиса, Виола, Кармен, Красный янтарь, Рассвет, Союз, Талисман, Юнона, Яблочный спас, (Артюх, 2005; Седов, 2005, 2008; Ульяновская, 2009, 2014).

Во Всероссийском НИИ генетики и селекции плодовых растений им. И. В. Мичурина на основе гена *Rvi6* под руководством академика РАН Н. И. Савельева созданы сорта Благовест, Былина, Красуля, Скала, Успенское, Фрегат, Флагман, Чародейка (Савельев, 2007; Савельева, 2016; Юшков, 2017), на Свердловской селекционной станции садоводства Л.А. Котовым (2000, 2003, 2008, 2011) созданы сорта с геном *Rvi6*: Аксена, Белянка новая, Благая весть, Первоуральская, Пионерская, Устойчивая; с геном *Rvi5*: Вектор, Вэм-желтый, Вэм-сувенир, Таватуй, Утренняя роза.

В ВСТИСП В. В. Кичина (2002) создал сорта, сочетающие колонновидность (ген *Co*) и устойчивость к парше (ген *Rvi6*): Валюта, Лукомор, Сенатор, Триумф.

В Республике Беларусь получены иммунные сорта Белорусское сладкое, Дарунак, Имант, Надзейны, Память Коваленко, Поспех, Сябрыня (Козловская, 2003, 2015); в Украине –

Амулет, Гарант, Жемчужина Киева, Цыганочка, Эдера (*Rvi6*) и Скифское золото (*Rvi5*) (Копань и др., 2003).

Для селекции в условиях низкогорья Алтая и в целом по Сибири наиболее перспективно привлекать иммунные сорта, созданные в условиях России, Беларуси и Казахстана, как более приспособленные к экстремальным условиям.

Гибриды 7 и 8 поколения от *M. floribunda* по своим качественным характеристикам не уступают мировым коммерческим сортам. Лучшими донорами и источниками гена *Rvi6* являются сорта Прима, Присцилла, Флорина, Фридом, Редфри, СООР-17, Либерти, Голдраш и Энтерпрайз (Козловская, 2004).

В России результативным оказалось привлечение в гибридизацию сортообразцов Прима, Присцилла, Редфри, Либерти, Флорина, 814, 1924, SR0523, PR12T67, OR18T13, OR40T43, OR48T47.

Ускорить селекционный процесс позволило введение искусственных инфекционных фонов в селекционных питомниках как за рубежом (Remy, 1962; Spangelo and Julien 1963; Knight, 1966), так и на территории бывшего СССР (Ищенко, Тихонова, 1971; Жданов, Седов, 1991). С 1976 г. во ВНИИСПК разработаны методы искусственного заражения паршой, подобраны наиболее вирулентные и агрессивные биотипы для искусственных инфекционных фонов, уточнена генотипическая структура использованных доноров по признаку иммунности, разработаны рекомендации по интенсификации и ускорению селекции иммунных к парше сортов яблони на новой генетической основе (Седов, Жданов, 1983; Методика..., 1985; Жданов Седов, 1991; Седов, 2005, 2011; Инновации в изменении генома яблони..., 2015).

Сорта, созданные на основе олигогенов, обладают вертикальной устойчивостью, которая зависит от их расовой специфичности. Остро стоит проблема долговременности их устойчивости с появлением 6, 7 и 8 рас парши. Шестая раса преодолевает устойчивость к парше большей части сортов с геном *Rvi6* кроме исходной *M. ×floribunda* 821 и сорта Прима (Parisi, 1993, 1998), Устойчивость всех носителей основных генов преодолевает 7 раса, кроме сорта Голден делишес (*Vg*). Восьмую расу (*V<sub>h8</sub>*) описал Bus V. G. (2005), источник устойчивости *M. siversii* W193B (*h8*). Выделен ген устойчивости к парше *V<sub>r2</sub>* в потомстве *M. pumila* R12740-7A (Benaouf and Parisi, 2000; Vincent et al., 2005).

В оценке устойчивости исходных форм все больше применяется метод молекулярных ДНК маркерования на наличие в них олигогенов и отбора нужных генотипов на ранних этапах онтогенеза. Первые маркеры были разработаны с помощью методики RAPD, а в дальнейшем более надежные и удобные в применении SKAR- и SSR-маркеры (Урбанович и др., 2008; Patzak, Paprštein, Henychová, 2011).

С появлением новых рас патогенна, развитием молекулярных методов идентификации

меняется и стратегия создания сортов яблони с продолжительной устойчивостью к парше. Основное внимание уделяют созданию сортов, сочетающих в генотипе комплекс генов  $V_f$ ,  $V_r$ ,  $V_b$ ,  $V_{bj}$ ,  $V_{h2}$ , носителями части из них являются дикие виды яблони, потомство *M. baccata* и русский сеянец (Erdin et al., 2006; Kellerhals et al., 2007, 2012; Седов, Жданов, 2007 б). На современном этапе идентифицируются новые гены устойчивости (таблица 4), пересмотрена номенклатура патогена (Bus at all, 2005; Baumgartner et all, 2011; Galli at all, 2010;).

Для селекционеров актуальным остается изучение генетического потенциала яблони и выявление новых источников для селекции на устойчивость к патогенным организмам и расширение исходного материала с использованием классических и молекулярных методов. На Майкопской опытной станции ВИР выделены высокоустойчивые к парше сорта: Павлинка, Трувор. Наиболее устойчивы к парше виды яблони из секции *Sorbomalus*: *M. sargentii* Rehd., *M. × floribunda* Sieb., *M. transitoria* (Batal.) Schneid., *M. kansuensis* (Batal.) Schneid.; североамериканские виды *M. coronaria*, *M. platicarpa*; и некоторые виды из секции ягодных яблонь: *M. baccata* (L.) Borkh., *M. × cerasifera*, *M. mandshurica* и другие.

Таблица 4 – Номенклатура *Venturia inaequalis*

(<http://www.vinquest.ch/nomenclature/nomenclature.pdf>; 12.06.2017 г.)

Дифференциатор		Фенотип	Ген устойчивости	
№	Accession		установленный	новый
h (0)	(Royal) Gala	восприимчивый		-
h (1)	Golden Delicious	некроз	$V_g$	<i>Rvi1</i>
h (2)	TSR34T15	звездчатый некроз	$V_{h2}=V_r-A$	<i>Rvi2</i>
h (3)	(F1 of) Geneva	звездчатый некроз	$V_{h3}$	<i>Rvi3</i>
h (4)	TSR33T239	реакция гиперчувствительности	$V_{h4}=V_x=V_r$ <i>l</i>	<i>Rvi4</i>
h (5)	9-AR2T196	реакция гиперчувствительности	$V_m$	<i>Rvi5</i>
h (6)	Priscilla	хлороз	$V_f$	<i>Rvi6</i>
h (7)	F <sub>1</sub> of <i>M. × floribunda</i> 821	реакция гиперчувствительности	$V_{fh}$	<i>Rvi7</i>
h (8)	GMAL3631-W193B	звездчатый некроз	$V_{h8}$	<i>Rvi8</i>
h (9)	J34 (F1 of Dolgo)	звездчатый некроз	$V_{dolgo}$	<i>Rvi9</i>
h (10)	A723-6	реакция гиперчувствительности	$V_a$	<i>Rvi10</i>
h (11)	A722-7	звездчатый некроз	$V_{bj}$	<i>Rvi11</i>
h (12)	Hansen's <i>baccata</i> #2	хлороз	$V_b$	<i>Rvi12</i>
h (13)	(F <sub>1</sub> of) Durello di Forli	звездчатый некроз	$V_d$	<i>Rvi13</i>
h (14)	(F <sub>1</sub> of) Dúlmener Rosen	хлороз	$V_{dr1}$	<i>Rvi14</i>
h (15)	GMAL2473	реакция гиперчувствительности	$V_r2$	<i>Rvi15</i>
h (16)	MIS op 93.051 G07-098	реакция гиперчувствительности	$V_{mis}$	<i>Rvi16</i>
h (17)		хлороз	$V_r$	<i>Rvi17</i>

В селекции на иммунитет к парше считают перспективными исходными формами виды *M. atrosanguinea* Schneid; *M. × floribunda* Sieb., *M. × micromalus* Makino, *M. × prunifolia* (Wied.) Borkh., *M. pumila*, *M. × zumi calocarpa*, *M. siboldi*, *M. coronariai* (Hough, 1944; Стивенсон и Джонс, 1956; Remy, 1962; Грюнер, 1964; Schmidt, 2000; Барсукова, Хвостова, 2003; Барсукова, 2007, Козловская, 2015).

Использование в селекции диких видов яблони на качественные и количественные признаки в Сибири, в том числе на иммунитет к парше намного удлиняет селекционный процесс, так как требует получения нескольких генераций (Bishop, 1951; Бондаренко, 1961; Ковалев, 1967; Савельев, 1998; Седов, 2005). Сибирским селекционерам необходимо больше привлекать в селекцию доноры и источники устойчивости к парше, полученные и выделенные в условиях сходных или близких по климатическим условиям Сибири, в частности полученные в условиях низкогорья Алтая (Ящемская, 2000 а; Калинина, Макаренко, 2010; Макаренко, Нуртазина, 2012; Макаренко, Артюх, 2012; Макаренко, Артюх 2015 а, б; Макаренко, Калинина, 2016). Наибольший интерес представляет создание сортов яблони, сочетающих полигенную устойчивость и максимальное число главных генов устойчивости к болезням.

#### **1.4. Исторический аспект формирования сортимента яблони в Западной Сибири**

Культура яблони в Сибири насчитывает не многим более полутора веков. Первые попытки выращивания плодовых культур в Сибири предпринимались переселенцами из Центральной России, Украины и Белоруссии, но европейские сорта погибали после первых суровых зим. Их развитие не укладывалось в короткий вегетационный период Сибири, а зимой неподготовленные растения повреждались низкими температурами (Лисавенко, 1938, 1941, 1958). Неоднократные неудачные попытки возделывания завезенных из-за Урала европейских сортов должны были охладить желание разведения плодовых деревьев. Местные жители считали невозможным развитие садоводства на Урале и в Сибири, но одиночки садоводы-опытники решали вопросы возделывания плодовых растений (Жаворонков, 1950).

В конце XIX столетия широкое распространение получила теория акклиматизации европейских сортов яблони в Сибири А. К. Грелля. Он считал возможным передачу своих свойств зимостойким подвоем не зимостойкому привою, в качестве которого он рекомендовал использовать сибирскую ягодную яблоню (Жаворонков, 1938). Большими поклонниками этой теории были Вл. М. Крутовский в Красноярске и М. Г. Никифоров в Минусинске.

«Акклиматизировать» удалось лишь сорта с ярким проявлением в генотипе сливолистной и сибирской яблони – Анисик Копылова, Сержик Копылова, Ермак Мичурина (Крутовский, 1926).

Вскоре теория А. К. Грелля была опровергнута И. В. Мичуриным и другими исследователями. В своих письмах и статьях И. В. Мичурин рекомендовал садоводам отказаться от простого перенесения плодовых растений из других регионов и заняться выведением своих местных сортов.

Наряду с попытками интродукции сортов, сибирские садоводы-опытники пытались выводить свои сорта путем высева семян среднерусских сортов. Так в 1858 г. в отчете Сибирской экспедиции географического общества отмечались первые попытки выращивания сеянцев яблони в Минусинском округе (Леонов, 1957, 1972).

Многолетний личный опыт И. В. Мичурина по отдалённой гибридизации, публикации «К сибирским садоводам», «Садоводам Урала и Сибири», «Как выращивать плодовые деревья на Урале», «Недооценка работ Лукашева – преступление», «К садоводам-колхозникам и специалистам сельского хозяйства Сибири», а также тесное сотрудничество с энтузиастами сибирского садоводства по методическим вопросам и в обеспечении генетическим материалом послужили основой для создания сортов плодовых и ягодных культур, адаптированных к суровым условиям Сибири. Особое внимание он уделял введению в культуру новых нетрадиционных садовых культур (Мичурин, 1948; Лисавенко, 1958).

С конца XIX в. под влиянием работ И. В. Мичурина искусственную гибридизацию проводил Вл. М. Крутовский. Используя в качестве исходной формы *Malus baccata* (L.) Borkh., как наиболее зимостойкий вид, он получил зимостойкое, но мелкоплодное потомство (Крутовский 1913, 1926).

С 1892 г. в Минусинском уезде по садоводству работал М. Г. Никифоров, высевая семена сибирской, сливолистной яблони и среднерусских сортов, как и Вл. М. Крутовский, получил мелкоплодное потомство (Никифоров, 1903). Путем посева семян Аниса им создан сорт Любимец, получивший распространение в Сибири и на Дальнем Востоке (Куминов, 1993). Его заслугой является широкое распространение Ранетки пурпуровой, завезенной им из Китая, которая стала одной из родительских форм многих сибирских сортов.

В 1894 г. селекционную работу в Красноярске начал А. И. Олониченко. Среди сеянцев от свободного опыления среднерусских сортов им были отобраны 7 мелкоплодных сортов, сыгравших определенную роль в формировании сибирского сортимента: Тунгус, Камасинка, Ксения, Карагас, Остяк, Доктор Крутовский, Профессор Кащенко (Олониченко, 1936).

С 1904 г. в Лалетино, недалеко от Красноярска, Вс. М. Крутовский разработал арктическую форму стланца для выращивания в Сибири среднеевропейских сортов. Одновременно Вс. М. Крутовский в большом объеме вел селекционную работу по созданию

местных сортов путем высева семян лучших летних и осенних среднеевропейских сортов, отвергая гибридизацию с сибирской яблоней. От посева семян крупноплодных сортов яблони он получил зимостойкие сорта: Желтое Наливное, Лалетино, Жемчуг, Енисейское, Майское, Алхас, и для стланцевой культуры: Аля, Зеленое, Аврора, Красноярская красавица, Юбилейное. Методом гибридизации он не получил достаточно крупных сортов (Леонов, Леонова, 1951).

В 70-х годах XIX столетия попытки развития садоводства предпринимались в Омской области. Интродукция здесь, как и в других областях Сибири, не принесла положительных результатов (Кашенко, 1910, 1925). Лесничие Антонов, Жуков и Лозовой в опытном хозяйстве «Лесная ферма» в 1896 г. произвели массовый высева семян Аниса алого и неизвестного крупноплодного сорта из европейской части России (Лозовой, 2009). Среди сеянцев были отобраны сорта: Анисик омский, Винновка желтая (Калинина, 1976).

В 1880–1890 гг. в разных местах Сибири (П. Я. Глаголев в деревне Сайдынь, С. П. Коровин, Ф. А. Стариков, В. К. Кривопапов, А. Е. Решетов в селе Сараса, М. С. Сарычев в г. Улала, К. А. Саблин, Е. Ф. Польшин в селе Быстрый Исток на Алтае, И. В. Петров в г. Томске, В. В. Еличев в городе Иркутске) пытались получить зимостойкие сорта путем посева семян среднеевропейских сортов. Наибольший интерес представляли сеянцы Глаголева (Лисавенко, 1958 а, б, 1959, 1962; Кашенко, 1963), но ни один из полученных сортов не получил широкого распространения в Сибири из-за недостаточной зимостойкости.

С 1908-1909 гг. впервые метод искусственной гибридизации И. В. Мичурина в Сибири применил профессор Томского университета Н. Ф. Кашенко (Лисавенко, Тихонов, 1941; Тяжелников, 1969). Им были проведены прямые и обратные скрещивания сибирской яблони и мелкоплодного сеянца Бугриное с летними европейскими сортами Белый налив и Грушовка московская. Изучение и селекционный отбор его гибридных сеянцев провел И. П. Бедро в Минусинске (Бедро, 1914, 1915). Среди них были выделены сорта: Багрянка Кашенко, Белопятнистое, Сибирская звезда, Янтарка Кашенко, Сибирская заря. Деятельность Н. Ф. Кашенко считается подлинно мичуринским этапом селекции яблони в Сибири: «Это было скачком от селекции вслепую к целеустремленной селекции» (Лисавенко, 1963). Были созданы первые зимостойкие сибирские сорта яблони с плодами 8–35 г, которые стали основой первого сортимента яблони в Сибири.

Большую роль на развитие садоводства в Сибири оказали работы И. В. Мичурина. В своих обращениях «К жителям Сибирской тайги», «К сибирским садоводам», «Садоводам Урала и Сибири», «Садоводам, колхозникам и специалистам сельского хозяйства Сибири» он сформулировал пути по продвижению яблони в Сибирь (И. В. Мичурин, 1948).

С 1930 г. по инициативе И. В. Мичурина на Урале и в Сибири создаются плодово-ягодные опытные поля и опорные пункты в Челябинске, Свердловске, Красноярске,

Минусинске, Иркутске и Горно-Алтайске, основной задачей которых становится создание зимостойких сортов плодовых и ягодных культур (Лисавенко, 1958).

В 1933 г. в низкогорье Алтая основан Горно-Алтайский опорный пункт ВНИИС им. И. В. Мичурина, в 1943 г. реорганизованный в Алтайскую плодово-ягодную станцию (АПЯОС), которая перебазировалась в 1950 г. в г. Барнаул. В 1973 г. на базе АПЯОС был создан НИИ садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко.

С организацией АПЯОС возникла необходимость оценки всего сортового материала, который был получен садоводами-энтузиастами Сибири, и обновление сортимента. (Лисавенко 1950, 1958; Калинина, 1976): «...В 30-е годы сибирский сортимент представлял собой хаос, в котором под одним названием фигурировали 2-3 сорта. Результатом работы по сортоизучению явилось выявление и введение в промышленную практику наиболее ценных сортов сибирской селекции...» (Лисавенко, Тихонов, 1941; Лисавенко, 1950, 1959, 1967 б).

С 1937 г. на Алтайской опытной станции в большом объеме ведется селекционная работа по яблоне. Все методическое руководство селекционной работой осуществлялось доктором сельскохозяйственных наук, академиком ВАСХНИЛ М. А. Лисавенко до 1968 г., с 1968 по 2015 г. академиком РАСХН И. П. Калининой.

К 1941 г. под руководством М. А. Лисавенко был сформирован первый сортимент яблони Алтайского края на основе экспедиционных обследований приусадебных садов (Лисавенко, 1941). До 1958 г. на Алтае были районированы лишь мелкоплодные (7–10 г) сорта ранеток: Ранетка пурпуровая, Непобедимая Грелля, Сеянец пудовщины, Таёжное, и сорта полукультурок (крэбов) с мелкими (17–25 г) плодами: Анисик омский, Тунгус, Вкусное, Желтый челдон, Ермак, Карагас, Хорошавка фермская (Калинина, 2005, 2008 а).

Становление сортимента яблони в Сибири проходило в несколько этапов.

В основу первого этапа была положена географически отдаленная межвидовая гибридизация сибирской ягодной яблони с европейскими сортами и посев их семян от свободного опыления. Результатом этого этапа было создание сортов ранеток с плодами 8–10 г, составивших основу сортимента Сибири. Ранетки стали исходным материалом для выведения зимостойких сортов яблонь-полукультурок.

На втором этапе проводили насыщающие скрещивания гибридов и сортов ранеток – первого поколения сибирской (*M. baccata* (L.) Vorkh.) и сливолистной яблони (*M. ×prunifolia* (Willd.)) с европейскими сортами. Результатом стало создание 19 сортов с массой плодов 15–40 г удовлетворительного и хорошего вкуса: Ранетка целинная, Ранетка плодородная, Барнаульская, Горноалтайское, Алтайское раннее, Пепинка Алтайская, Алтайский голубок, Урожайное, Лежкое, Алтайское сладкое, Золотая тайга, Алтайская скороспелка, Алтайское золотое, Алтайское десертное, Осеннее солнышко, Алтайское приусадебное, Снегирек

(Калинина, 1960, 1965, 1967, 1968, 1968 б, 2010; Ящемская, 2000).

С 1948 г. проводилось скрещивание гибридов второго поколения между собой, и продолжили насыщающие скрещивания с крупноплодными сортами. Результатом этого этапа стало выведение 15 урожайных сортов различного срока созревания с массой плодов в 40–70 г: Алые паруса, Алтайское бархатное, Лучистое, Бельфлер алтайский, Осенняя радость, Космическое, Коллективное, Сюрприз Алтая, Ермаковское горное, Алтайское пурпуровое, Сувенир Алтая, Татанаконское, Алтайское крапчатое, Алтынай. Семь из них входят в районированный сортимент.

В настоящее время садоводы любители и современное производство предъявляют высокие требования к сортам по основным хозяйственно-биологическим показателям. Среди гибридов четвертого поколения выделены новые сорта Толунай, Баяна, Горный синап, Поклон Шукшину, Шушенское различных сроков созревания со средней массой плодов 77–97 г хорошего вкуса.

За 85 лет на Алтае создан 71 сорт яблони, 23 из них районированы в период с 1974 по 2017 г., что позволило значительно улучшить сортимент яблони низкогорья Алтая (Калинина, Макаренко, 2013 б) (приложение Л).

Большой объем работы по селекции и сортоизучению яблони выполнен сотрудниками Алтайской опытной станции, ныне НИИСС в двух экологических зонах: низкогорье и лесостепь Алтая. Особый вклад в создание сортов внесли М. А. Лисавенко, И. А. Кухарский, А. М. Скибинская, Л. Ю. Жебровская, И. П. Калинина, Н. В. Ермакова, Т. Ф. Корниенко, Е. С. Орехова, З. А. Гранкина, З. С. Ящемская, М. С. Кушнарера и М. А. Кушнарев. Большой вклад в создание сортов и совершенствование сортимента яблони в различных регионах Сибири и Урала внесли и продолжают вносить энтузиасты северного садоводства.

В Уральском регионе сотрудниками ЮУНИИСК (г. Челябинск) П. А. Жаворонковым, М. А. Мазуниным и СССС (г. Свердловск, ныне Екатеринбург) П. А. Диброва и Л. А. Котовым ведется успешная работа по сортоизучению и селекции яблони. Ими создан научно-обоснованный сортимент яблони для Среднего и Южного Урала, часть сортов получила широкое распространение в сибирских садах. Одним из таких сортов является Уральское наливное.

В Сибирском ботаническом саду Томского государственного университета селекционную работу вел А. Д. Тяжелников с 1949 г. Им были выведены сорта: Радуга, Томич, Горизонт, Победитель, Земляк, Северное Сияние с плодами массой 65–70 г, но недостаточно зимостойкие и не высоких вкусовых качеств.

На Минусинской опытной станции садоводства и бахчеводства селекционная работа с яблоней была начата в 1922 г. А. Д. Тяжелниковым и впоследствии продолжена

Д. А. Андрейченко, И. М. Леоновым, В. А. Шевченко, В. И. Шевченко, Г. А. Муравьевым (Калеганов, Туров, 1954). Здесь созданы зимостойкие сорта ранеток и полукультурок (Шевченко 1972, 1973; Муравьев, 2008, 2012).

На Красноярской опытной станции А. И. Олониченко, И. М. Леонов, Н. Н. Тихонов, А. С. Толмачева создали сорта ранеток и полукультурок; лучшие из них в настоящее время входят в районированный сортимент Красноярского края: Воспитанница, Пепинчик красноярский, Подруга, Красноярский снегирек, Фонарик, Красноярское сладкое, Лада, Мана, Живинка, Аленушка, Лебединая песня (Тихонов, 1974, Лалетина, 1995; Государственный реестр, 2017).

На Новосибирской зональной плодово-ягодной опытной станции над созданием сортов работали А. А. Христо, В. Н. Лизнев, Р. А. Быкова, Д. А. Андрейченко, Ф. Я. Левчук. Ими выведено 4 сорта ранеток и мелкоплодных полукультурок. (Леонов, 1957; Помология, 2005).

В Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН с 1950 г. В. Н. Васильева вела изучение закономерностей наследования свойств и признаков в гибридном потомстве яблони. В результате многолетней работы по формированию межвидовых гибридов яблони ею создано 30 перспективных сортов и форм. В. Н. Васильевой и Н. В. Моисеевой выведены и районированы пять зимостойких, скороплодных, урожайных сортов с массой плодов 23–54 г, приятного вкуса (Васильева, 1991).

С 1949 г. на Бурятской ПЯОС ведется работа по интродукции и селекции яблони Л. И. Дубровской, с 1986 г. – И. А. Новоселовой. В настоящее время она продолжена Ю. М. Батуевой. Ими создано 8 сортов ранеток и полукультурок (Помология, 2005; Садоводство в Бурятии, 2010; Батуева, 2014).

Сегодня селекция плодовых и ягодных культур в Сибири переживает сложные времена, а селекционеры пора заносить в «красную книгу».

## ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1. Почвенно-климатические условия исследований в низкогорье Алтая

Исследования проведены в соответствии с планами НИР ФГБНУ «Научно-исследовательский институт садоводства Сибири имени М. А. Лисавенко» по программе «Создание сортов плодовых, ягодных и декоративных культур с комплексом хозяйственно-ценных признаков, устойчивых к действию био- и абиострессоров» (номер государственной регистрации 0791-2014-0004), в типичных условиях низкогорья Алтая в отделе горного садоводства ФГБНУ НИИСС имени М. А. Лисавенко с 1976 по 2011 гг., ФГУП «Горно-Алтайское» с 2011 г. и по настоящее время, г. Горно-Алтайск. В работе использованы первичные данные, полученные Н. В. Ермаковой с 1976 по 1991 гг., З. С. Ящемской с 1991 по 2003 гг., автором работы с 2003-2017 гг.

Климат низкогорья Алтая является резко континентальный, но отличается от степной зоны Алтая заметным его ослаблением. Зима сравнительно теплая с устойчивым и мощным снеговым покровом, относительно прохладным летом и повышенным атмосферным увлажнением. Низкогорье Алтая зимой облачается «буферной» прослойкой из теплого воздуха, образующейся благодаря феновым явлениям, которая изолирует территорию от влияния холодных западносибирских масс воздуха. За счет этого повышается среднемесячная температура воздуха зимой и удлиняется безморозный период (Сляднев, Фельдман, 1958; Орлова, 1962; Модина, Сухова, 2007). Однако отсутствие защиты территории с севера способствует глубокому проникновению восточносибирского антициклона. Абсолютный минимум температуры в зимний период иногда достигает  $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$ , вызывая повреждение плодовых культур. Сумма отрицательных температур с ноября по март колеблется от  $-927$  (2006/07 г.) до  $-2772\text{ }^{\circ}\text{C}$  (1968/69 г.) (рисунок 5; Макаренко, 2013).

В отдельные зимы с частым повторением циклонов абсолютные минимумы температуры воздуха зимы не превышают  $-27\text{...}-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Характерным явлением для низкогорья Алтая является оттепель с повышением температуры воздуха днем до  $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$  в любой зимний месяц. Оттепели за зимний период могут повторяться до 9 раз.

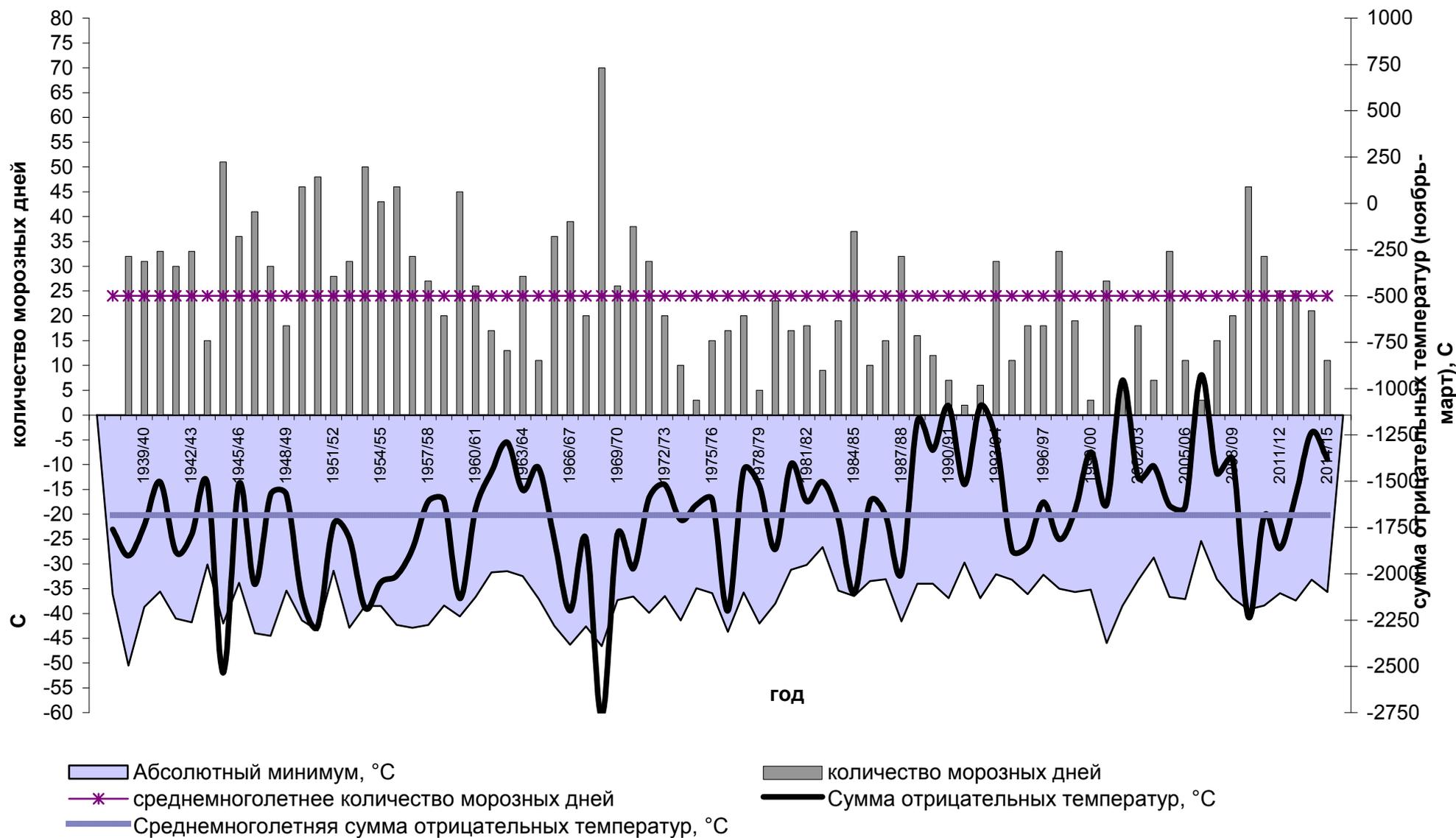


Рисунок 5. Основные климатические показатели морозности зимних периодов в низкогорье Алтая, 1938–2017 гг.

Продолжительность зимнего периода 5–5,5 месяцев. Среднемесячная температура воздуха самого холодного месяца (января)  $-18,7^{\circ}\text{C}$ .

Лето короткое и жаркое. Продолжительность теплого периода с температурой выше  $0^{\circ}\text{C}$  в низкогорье Алтая составляет 196–199 дней. Средняя температура воздуха июля не превышает  $19,6^{\circ}\text{C}$ , максимальная  $38...40^{\circ}\text{C}$  (рисунок 6). Период возможной вегетации растений определяется числом дней с температурой выше  $5^{\circ}\text{C}$ , для Горно-Алтайска это 163–172 дня. Сумма активных температур за этот период составляет  $2210^{\circ}\text{C}$ , безморозный период от 97 до 153 дней, сумма температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  до  $1910^{\circ}\text{C}$ . Тепловых ресурсов территории достаточно для возделывания сортов яблони, созданных в Сибири.

Весной переход к летней температуре происходит довольно резко, а период перехода от зимы к лету и лета к зиме очень короток. В Горно-Алтайске это 40–45 дней. Резкий скачок температуры происходит весной (март-апрель) и осенью (октябрь). Среднесуточное колебание температуры составляет в среднем  $10,3^{\circ}\text{C}$  (Лучник, 1970). Заморозки возможны до 10 июня. Неустойчивой погодой отличаются апрель и май, когда возможно наступление заморозков и снегопадов, которые повреждают листья и цветки у яблони.

Область низкогорья Алтая относится к зоне достаточного увлажнения, позволяющего выращивать плодовые и ягодные культуры без полива (ГТК-1,4-2,5). Среднегодовое многолетнее количество осадков в Горно-Алтайске 754 мм. В годовом ходе осадков проявляется летний максимум (рисунок 7). За период апрель-сентябрь выпадает до 75 % осадков от годовой нормы. Снеговой покров устанавливается в конце октября начале ноября. Период устойчивого снегового покрова продолжается 160–180 дней.

Значительное влияние на отложение снега оказывают экспозиция и крутизна склона. На склонах южной экспозиции снега накапливается меньше, чем на северной (Васильченко, 1968). Его средняя высота на южных склонах 40–70 см, на северных склонах снег накапливается в основном у вершин и достигает 200 см, далее по склону он распределяется равномерно. Снижение массы снега на южных склонах и запасов воды связано с его частым подтаиванием, сдуванием и испарением. Благодаря устойчивому снеговому покрову почва промерзает неглубоко (до 50 см) или остается талой, лишь в отдельные годы с высотой снегового покрова 25–30 см (2011/12, 2014/15 гг.) почва промерзает до 1,5–2 м с понижением температуры в почве на глубине 5 см до  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Низкая относительная влажность воздуха в Горно-Алтайске наблюдается в мае (рисунок 8). Повторение дней с влажностью воздуха менее 30 % составляет 7,9 %.

Город Горно-Алтайск расположен на северной окраине лесной области Горного Алтая. Экспериментальные участки ФГУП «Горно-Алтайское» находятся в юго-восточной части города на склонах горы Бом-Чакыр и входят в состав холмисто-увалистого низкогорья.

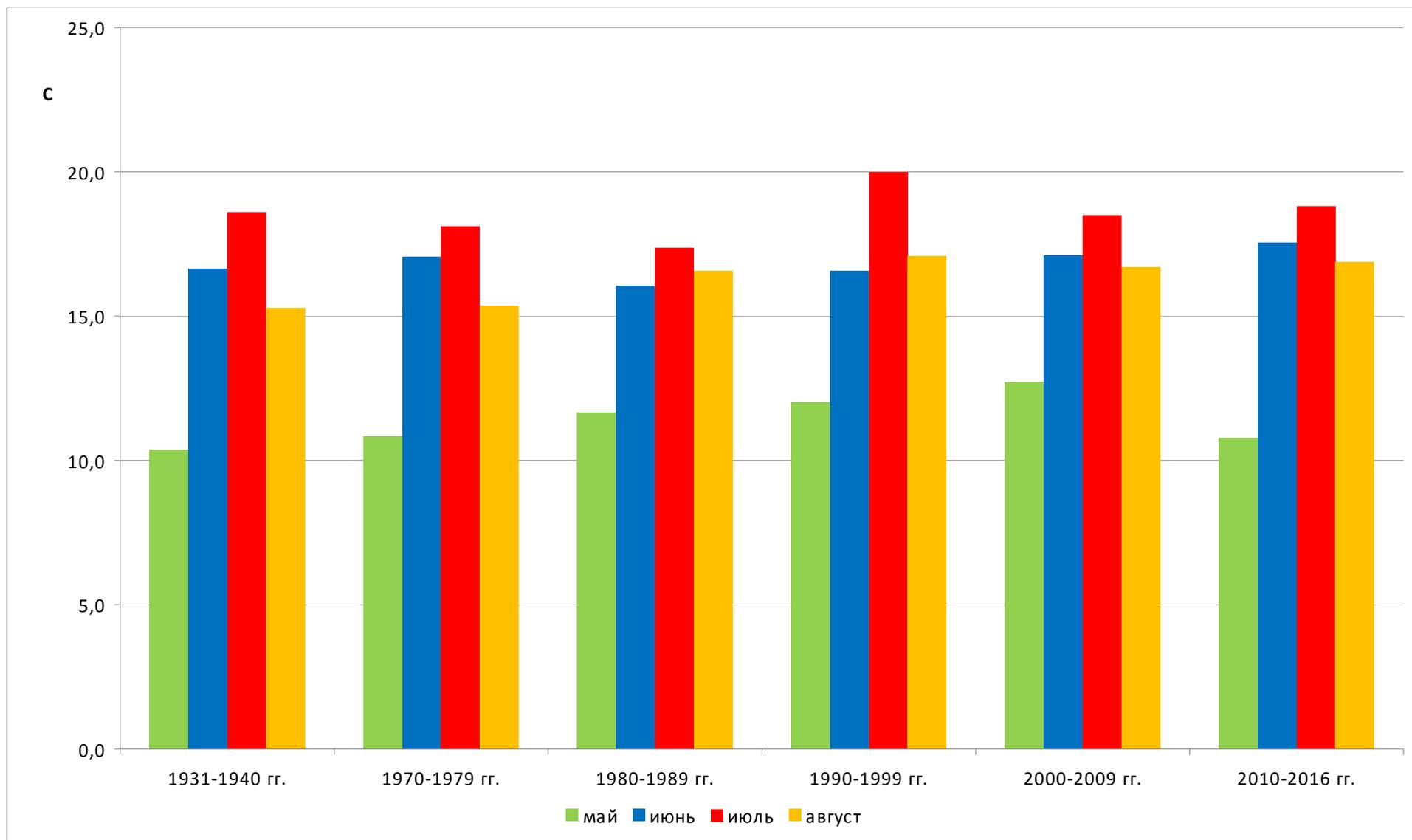


Рисунок 6. Средняя температура воздуха с мая по август

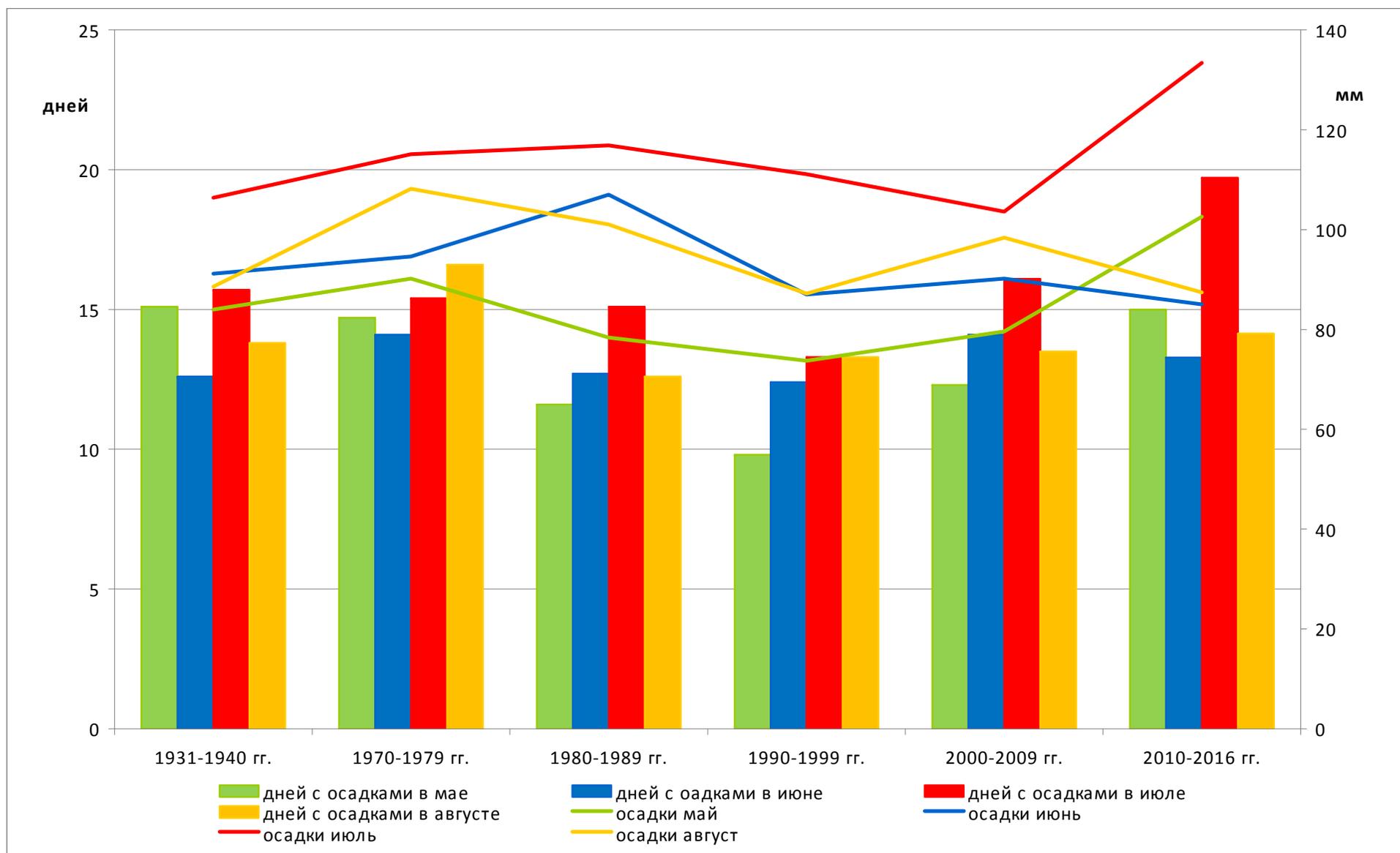


Рисунок 7. Сумма осадков и количество дней с осадками с мая по август

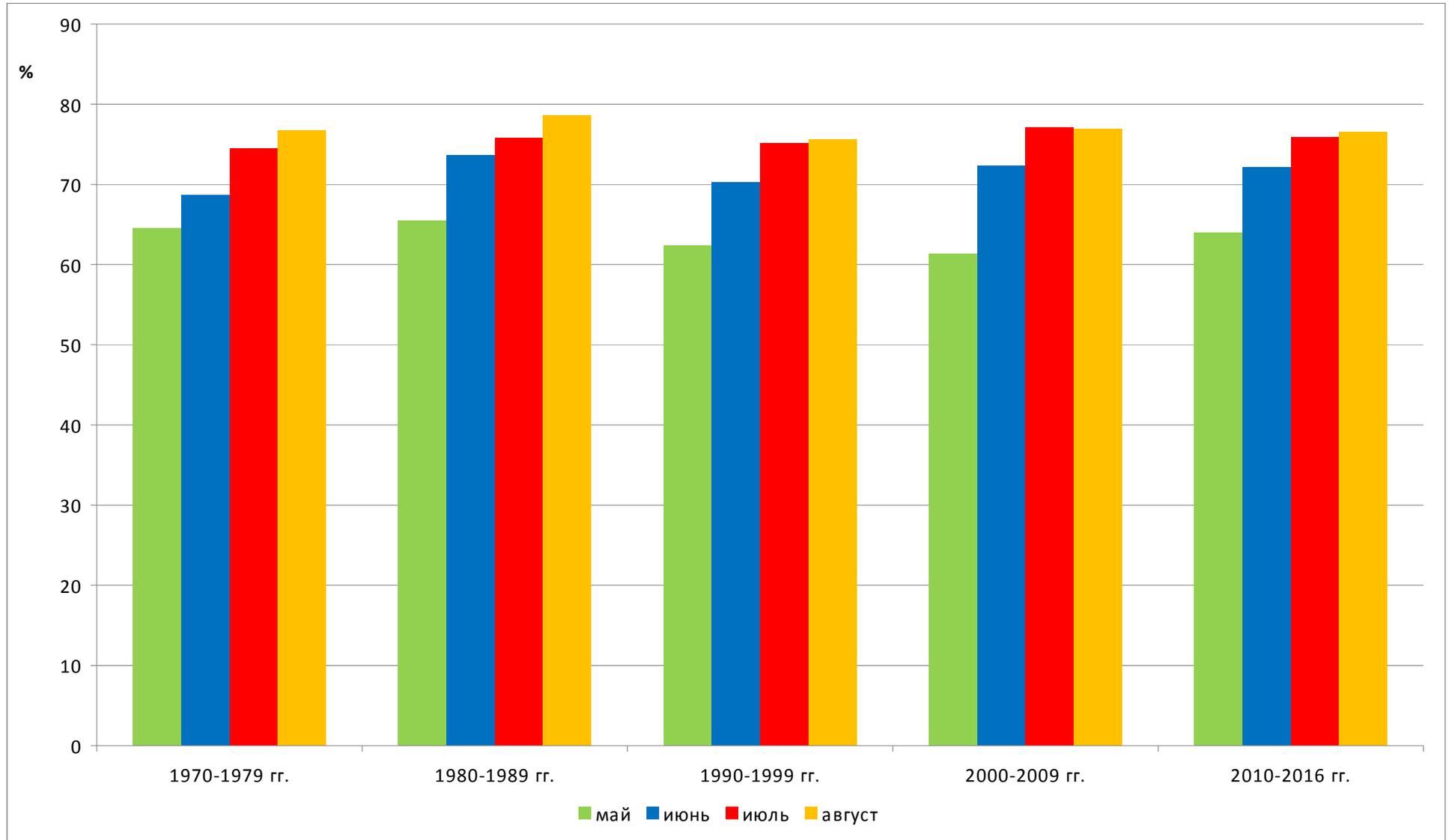


Рисунок 8. Средняя влажность воздуха с мая по август

Абсолютная высота экспериментальных участков 530–650 м над уровнем моря (Хмелев, 1982). Участки конкурсного, первичного, коллекционного сортоизучения яблони, а также селекционные расположены на склонах южной, юго-западной и юго-восточной и восточной экспозиции, которые обеспечивают хороший воздушный и водный дренаж. Насаждения яблони на этих склонах в меньшей степени подвержены воздействию поздних весенних и ранних осенних заморозков. Разница температуры приземного слоя воздуха на склонах разных экспозиций особенно заметна в весенний и осенний периоды (Чирков, 1986).

Почвенный покров на склонах южной экспозиции представлен выщелоченным черноземом на вершине, черноземом оподзоленным в средней части склона, темно-серой лесной почвой в нижней части склона. Перегнойно-аккумулятивный горизонт почв отличается своей мощностью (30–80 см), который снижается к перевалам и гребням, характеризуется высокой и средней обеспеченностью азотом (4,6–13,6 мг на 100 г почвы). Содержание  $K_2O$  не превышает 13 мг на 100 г почвы. Содержание подвижных фосфатов в пахотном слое колеблется от 4 до 8 мг  $P_2O_5$  на 100 г почвы (Хмелев, 1982). По гранулометрическому составу почвы тяжелосуглинистые, имеют хорошую зернистую структуру, рыхлое сложение верхних горизонтов и высокое потенциальное плодородие.

Черноземы обладают очень высокой водопроницаемостью, и только сильные ливни приводят к появлению на них поверхностного стока.

Нейтральная реакция почв (рН 6,0–7,0), высокое плодородие и хорошие физические свойства в сочетании с достаточной влажностью создают благоприятные условия для развития плодовых культур, в частности яблони.

## **2.2. Объекты и методы исследований**

Основным методом создания селекционного материала и новых сортов яблони на юге Западной Сибири является синтетическая селекция путем межвидовой гибридизации и географически отдаленных насыщающих и ступенчатых скрещиваний, полиплоидия, а также аналитическая селекция путем посева семян от свободного опыления лучших крупноплодных сортов алтайской селекции и интродуцированных, растущих среди лучших сортов местной селекции.

Объекты исследования – 208 сортообразцов яблони на коллекционном сортоизучении интродуцированных с севера, центра и юга Европейской части России, ближнего зарубежья – республик Беларусь, Казахстан, Украина, Прибалтика и дальнего зарубежья. На участке

первичного сортоизучения оценивали 176 сортообразцов местной селекции (приложение М).

С целью совершенствования сортимента яблони с 1976 по 2016 гг. 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 первого, второго и третьего гибридного поколения *M. baccata* и связанные с *M. ×prunifolia* полученные в Сибири, на Урале, НИИСС, научно-исследовательских учреждениях Европейской части России и иностранной селекции (таблица 5).

Исследования проведены в соответствии с «Программой и методикой по селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1980, 1995), «Программой и методикой по сортоизучению плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1973, 1999), «Методикой Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1970), «Цитологические исследования плодовых и ягодных культур» (1976), «Практикум по цитологии» (1988), «Практикум по цитологии и цитогенетике растений» (2007), «Методические указания по химико-технологическому сортоиспытанию овощных, плодовых и ягодных культур для консервной промышленности» (1993), Статистическая обработка данных (Плохинский, 1960).

Посадку селекционных насаждений проводили весной на землях ФГУП «Горно-Алтайское» в типичных почвенно-климатических условиях низкогорья Алтая по схемам 4×1; 4×0,5; 6 (5)×1 (1,5) м.

В селекционном питомнике и в садах поддерживали обычную для зон агротехнику. Обработку фунгицидами в насаждениях яблони не проводили. В селекционной школке сеянцы выращивали 2 года с пересадкой в однолетнем возрасте.

В первый год роста проводили оценку потенциала устойчивости гибридного материала к парше на искусственном инфекционном фоне в открытом грунте – «Методика отбора устойчивых к парше сортов и сеянцев яблони на искусственных инфекционных фонах» (Седов, Жданов, 1985). Для заражения использовали свежий инокулюм популяций парши распространенных в низкогорье Алтая с листьев и плодов сортов различного генетического и географического происхождения: Таёжное, Ранетка пурпуровая, Китайка золотая ранняя, Сюрприз, Веняминовское, Пепинка алтайская, Студенческое, Алтайское юбилейное, Раннее алое и восприимчивых гибридов.

Селекционную школку гибридов яблони размещали на склоне северо-восточной экспозиции, который ограничен продуваемой лесополосой с примесью деревьев яблони сибирской восприимчивых и среднеустойчивых к парше с восточной и южной стороны, что

создает благоприятные условия для наличия первичной инфекции на участке сеянцев к моменту искусственного заражения.

Таблица 5 – Исходные формы в селекции яблони 1976–2016 гг.

Исходная форма	Сортообразец
1	2
♀	<b><i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.</b>
	<i>Malus baccata</i> 1-1, <i>Malus baccata</i> №1, <i>Malus baccata</i> 2, <i>Malus baccata</i> 3, <i>Malus baccata</i> 4, <i>Malus baccata</i> №9, <i>Malus baccata</i> 23/2, <i>Malus baccata</i> 23/5
	<b>F<sub>1</sub> (<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh. × <i>Malus</i> × <i>domestica</i>)</b>
	Добрыня, Лалетино, Нежное забайкальское, Ранетка пурпуровая, Ранетка Ермолаева, Северянка, 22-74-11633, 22-74-11666, 22-74-731, 22-74-11770, 22-74-11693, 22-74-11696 (Сибирка длинолистная × Wealthy), 32-26 (Якутская-1 × KB 5), 18-9 (KB 5 × Якутская-1), Со-06-К1 (Со Президент), Со-06-К2 (Со Президент), Dolgo
	<b>F<sub>2</sub> (F<sub>1</sub> × <i>Malus</i> × <i>domestica</i>)</b>
	Алтайское багряное, Алтайский голубок, Алтайское раннее, Горноалтайское, Золотая тайга, Малинка, Пепинка алтайская, Подарок садоводам, Соломка, Спорт Метла, Ранетка целинная, Уральское наливное, Юнга, 10-55-123 [Непобедимая Грелля × (Белый налив + Грушовка московская)], 22-82-1682 [22-74-11633 (Сибирка длинолистная × Wealthy) × Spartan], 20-82-1682 [22-74-11770 (Сибирка длинолистная × Wealthy) × Орлик]
	<b>F<sub>3</sub> (F<sub>2</sub> × <i>Malus</i> × <i>domestica</i>)</b>
	Алтайская боровинка, Алтайское пурпуровое, Зимний шафран, Осенняя радость, Сувенир Алтая, Сюрприз, Татанакское, 8-59-970 (Горноалтайское × Wealthy), 7-61-6811 (Алтайское сладкое × Бельфлер-китайка), 11-61-295 (Горноалтайское × Бельфлер-китайка), 7-63-1587 (2-37-836 × Wealthy), 4-65-6562, 4-65-7890, 4-65-7809, 4-65-7823, 4-65-7869 [Пепинка алтайская × (Пепин шафранный + Бельфлер-китайка + Wealthy)], 1-63-1017, 1-63-1046, 1-63-4909 (Алтайский голубок × Фольвиль), 7-63-1587, 7-63-3662, 7-63-3396 [(Ранетка пурпуровая × Пепин шафранный) × Wealthy], 11-63-1757 [(Ранетка пурпуровая × Бельфлер-китайка) × (Грушовка московская + Белый налив + Анис летний)], 12-63-1715, 12-63-1734, 12-63-1757, 12-63-1782 (Спорт Метла × Фольвиль), 2-76-113281, 2-76-11300 (Пепинка алтайская × SR0523), 3-84-3607 (Горноалтайское × OR48T47)
	<b>F<sub>4</sub> (F<sub>3</sub> × <i>Malus</i> × <i>domestica</i>)</b>
	Горный синап [1-63-4909 (Алтайский голубок × Фольвиль) × Северный синап], Шушенское [Ермаковское горное × (OR48T47 + OR40T43)], 12-82-1816, 12-82-1829 [Ермаковское горное × (OR48T47 + OR40T43)], 19-82-1487 [1-63-4909 (Алтайский голубок × Фольвиль) × (OR48T47 + OR40T43)], 9-87-4936 (Ермаковское горное × Орлик), 3-90-5872 (Феникс алтайский × Горноалтайское)
	<b>F<sub>3</sub> × F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> × F<sub>3</sub></b>
	Баяна, 16-83-2415 (Ермаковское горное × Сувенир Алтая), 32-81-518 (4-65-7890 × Горноалтайское), 28-83-3051 {4-65-6562 [Пепинка алтайская × (Пепин шафранный + Бельфлер-китайка + Wealthy)] × Сувенир Алтая}
	<b>Со × F<sub>2</sub>, F<sub>2</sub> × Со</b>
	Ермаковское горное, 2-70-8343 (Горноалтайское × Феникс алтайский)
	<b>Со F<sub>3</sub></b>
Толунай, Со-81-907 (Со Алтайское юбилейное)	
<b>Со крупноплодных сортов (КС)</b>	
Алтайское юбилейное, Феникс алтайский, Со-61-632 (Со Боровинка)	

окончание таблицы 5

1	2
♂	<b><i>Malus × domestica</i></b>
	Антоновка новая, Антор, Апорт, Апорт АС, Апорт кроваво-красный, Арбат, Ароматное, Атласное, Бархат осени, Башкирский красавец, Белорусский синап, Белый налив, Болотовское, Борсдорф-китайка, Веньяминовское, Витязь, Волгарь, Восход, Голубок Крюгера, Гордость Лисевицкого, Грушовка алма-атинская, Десертное Исаева, Елена, Жаркын, Жигулевское, Заман, Заря подолья, Зефир, Зимнее полосатое, Золотая корона, Золотая осень, Коричное новое, Красный янтарь, Крупноплодный №1, Кубань, Маки победы, Максат, Марго, Медуница, Мезенское, Луч, Нарядное, Наследница юга, Новинка, Норис, Орлик, Орловское полосатое, Память воину, Память есаулу, Пепин шафранный, Первоуральская, Победа, Президент, Рекорд Мичурина, Ренет Бурхарда, Рождественское, Салют Крыму, Свежесть, Северный синап, Слава победителям, Солнышко, Талида, Теллисааре, Щит, Фетовское, Фея, Фламенко, 30-47-88 (4×), 25-37-45 (4×), КВ-73
	Aurelia, Braeburn, Cellini, Florina, Fuji, Gala, Gold Rush, Golden B, Kortland, Kvinti, King, Lambourne, Lobo, Mantet, McIntosh (4×), Mutsu, Prima, Red Free, Stark earliest, Spartan, Wealthy, Wealthy (4x), Wellington, SR0523, OR18T13, OR33T90, OR48T47, OR40T43
	<b>F<sub>2</sub> (F<sub>1</sub> × <i>Malus × domestica</i>)</b>
	Алтайский голубок, Алтайское десертное, Алтайское раннее, Горноалтайское, Пепинка алтайская, Ранетка целинная, Уральское наливное
	<b>F<sub>3</sub> (F<sub>2</sub> × <i>Malus × domestica</i>)</b>
	Алтайское пурпуровое, Сувенир Алтая, 12-63-1715, 12-63-1757, 12-63-1782 (Спорт Метла × Фольвиль), 1-63-1017, 1-63-1046, 1-63-4909 (Алтайский голубок × Фольвиль), 2-76-11300 (Пепинка алтайская × SR0523), 3-84-3607 (Горноалтайское × OR48T47)
	<b>F<sub>4</sub> (F<sub>3</sub> × <i>Malus × domestica</i>)</b>
	Горный синап, Поклон Шукшину, Шушенское, 12-82-1816, 12-82-1885 [Ермаковское горное × (OR48T47 + OR40T43)], 19-82-1509, 19-82-1574 [1-63-4909 (Алтайский голубок × Фольвиль) × (OR48T47 + OR40T43)], 4-95-2 [2-76-11300 (Пепинка алтайская × SR0523) × Жигулевское], 6-95-1 [2-76-11281 (Пепинка алтайская × SR0523) × Коричное новое], 9-87-4920, 9-87-4946 (Ермаковское горное × Орлик),
	<b>F<sub>2</sub> × F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> × F<sub>2</sub>,</b>
	Алтайское крапчатое, Баяна, 32-81-518 (4-65-7890 × Горноалтайское), 7-82-983 (Ермаковское горное × Алтайское пурпуровое), 16-83-2415 (Ермаковское горное × Сувенир Алтая)
	<b>Со × F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> × Со, F<sub>2</sub> × Со</b>
	Алтынай, Ермаковское горное, Сурхурай, 8-82-1046 (Ермаковское горное × Феникс алтайский), Толунай
	<b>Со крупноплодных сортов (КС)</b>
Алтайское юбилейное, Феникс алтайский, Со-61-930 (Со Боровинка)	

Обильные росы обеспечивали естественное увлажнение листовой поверхности посевов с 20 часов вечера до 12-14 часов следующего дня. Лучший период для искусственного заражения паршой в открытом грунте в низкогорье Алтая с 20 июля по 1 августа с оптимальными условиями для заражения: активный рост сеянцев, наличие капельной влаги, влажность воздуха 80–86 % и средняя температура воздуха 18...20 °С (рисунок 9) (Макаренко, Артюх, 2015). Возникающий недостаток влаги нивелировали поливом. Нанесение суспензии проводили однократно ручным опрыскивателем за 1-2 часа до выпадения росы. Зараженные сеянцы

выдерживали 2 дня в условиях влажной камеры под полиэтиленовой пленкой, при необходимости в солнечные дни притеняли. Учет степени поражения проводили через 28-30 дней по 6 классам поражения (рисунок 10) (Федорова, 1977; Жданов, 1978).

На второй год роста гибридные сеянцы от гетероплоидных (2×4) скрещиваний оценивали по силе роста, степени культурности (селекционная оценка), степени полевой устойчивости к парше, толщине листа (микрометром по 3 промерам 3 типичных листов в средней части текущего прироста), индексу листа (типичные листья собирали в гербарий для расчета), описанию черешка и прилистников (в лабораторных условиях).

Цитологический скрининг гибридных форм, отобранных по морфобиологическим признакам, проводили по апикальной меристеме, для этого осенью заготавливали однолетний прирост, которые хранили в снежном бурту до начала отращивания. Фиксацию почек проводили в зимний период с отрастающих в лабораторных условиях черенков исследуемых образцов. Пloidность 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 с помощью микроскопа Микмед 6-7 (Цитологические исследования, 1976) совместно с сотрудником лаборатории Биотехнологии НИИСС О. В. Мочаловой, что отражено в совместной публикации.

Перед выкопкой для высадки в селекционный сад гибриды браковали по силе роста и сильно уклонившиеся к диким формам.

В селекционных садах гибриды ежегодно оценивали по зимостойкости, особенно после зимних периодов с критическими погодными условиями (1976/77, 1984/85, 1987/88, 2000/01, 2009/10, 2016/17 гг.) (рисунок 5, с. 47).

Степень подмерзания оценивали по 6 бальной шкале (рисунок 11) с дополнениями (Ермакова, 1973; Определение устойчивости..., 2002):

- 0 – подмерзание отсутствует;
- 1 – очень слабое подмерзание – древесина желтоватая или светло-коричневая;
- 2 – слабое подмерзание – усыхание 1 летнего прироста и частично небольших веток;
- 3 – значительное подмерзание – отмирают части скелетных ветвей или отдельные скелетные ветви (до ½ кроны);
- 3,5 – отмирает значительная часть веток второго и третьего порядков;
- 3,7 – полное отмирание ветвей второго и третьего порядков. Живым остается только ствол и основание скелетных ветвей;
- 4 – гибель кроны до линии снегового покрова;
- 5 – надземная часть дерева погибла полностью.

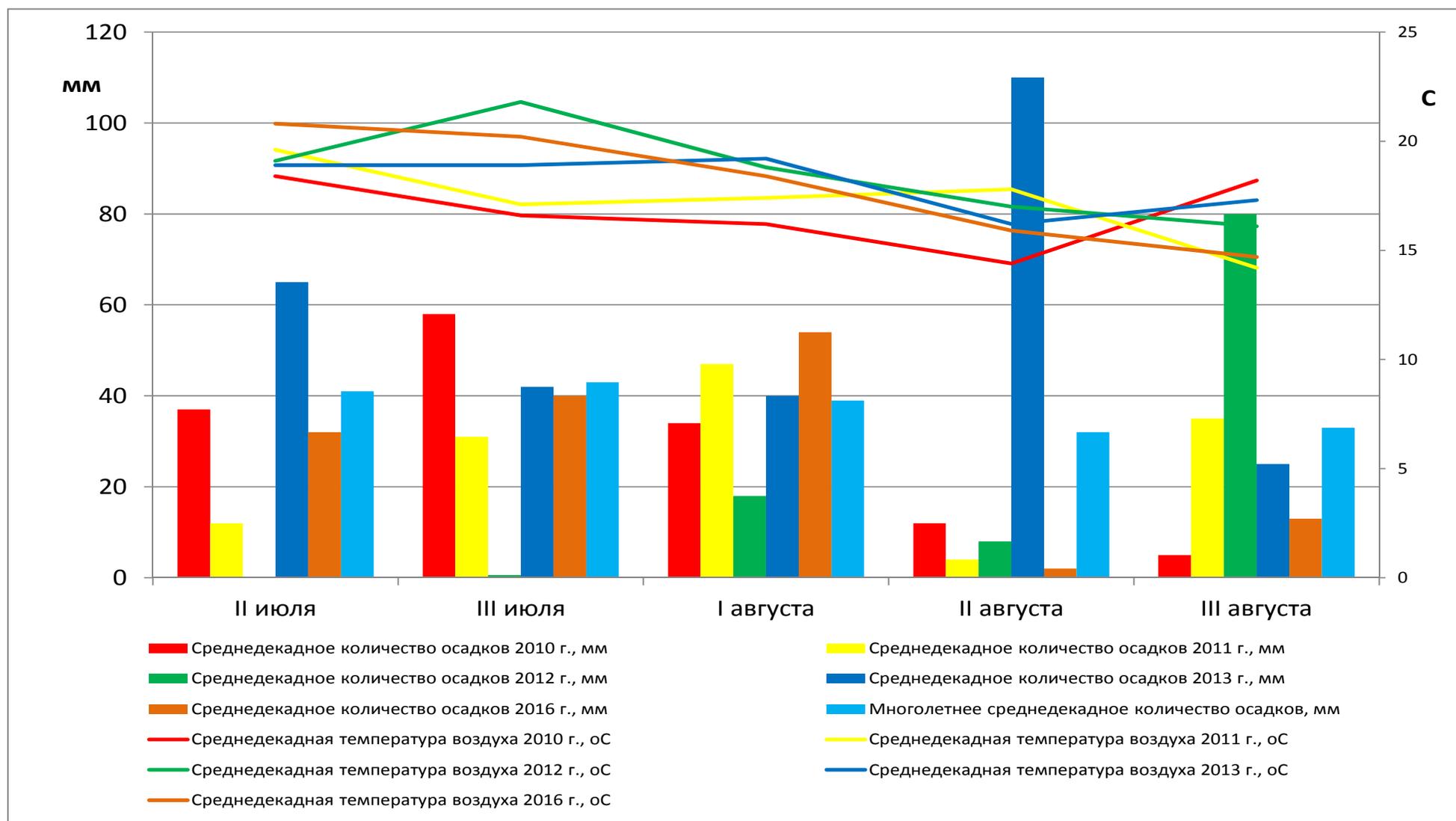


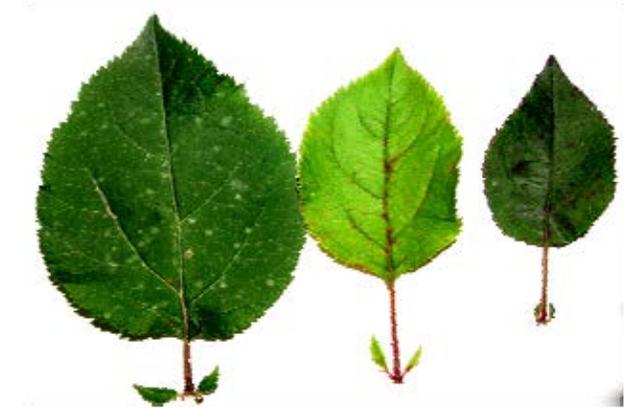
Рисунок 9. Характеристика погодных условий в период искусственного заражения 2010–2013, 2016 гг.



Поражения нет



1,0 класс поражения



2,0 класс поражения



3,0 класс поражения



4,0 класс поражения



5,0 класс поражения

Рисунок 10. Классы поражения гибридных сеянцев яблони паршой при искусственном заражении паршой в открытом грунте

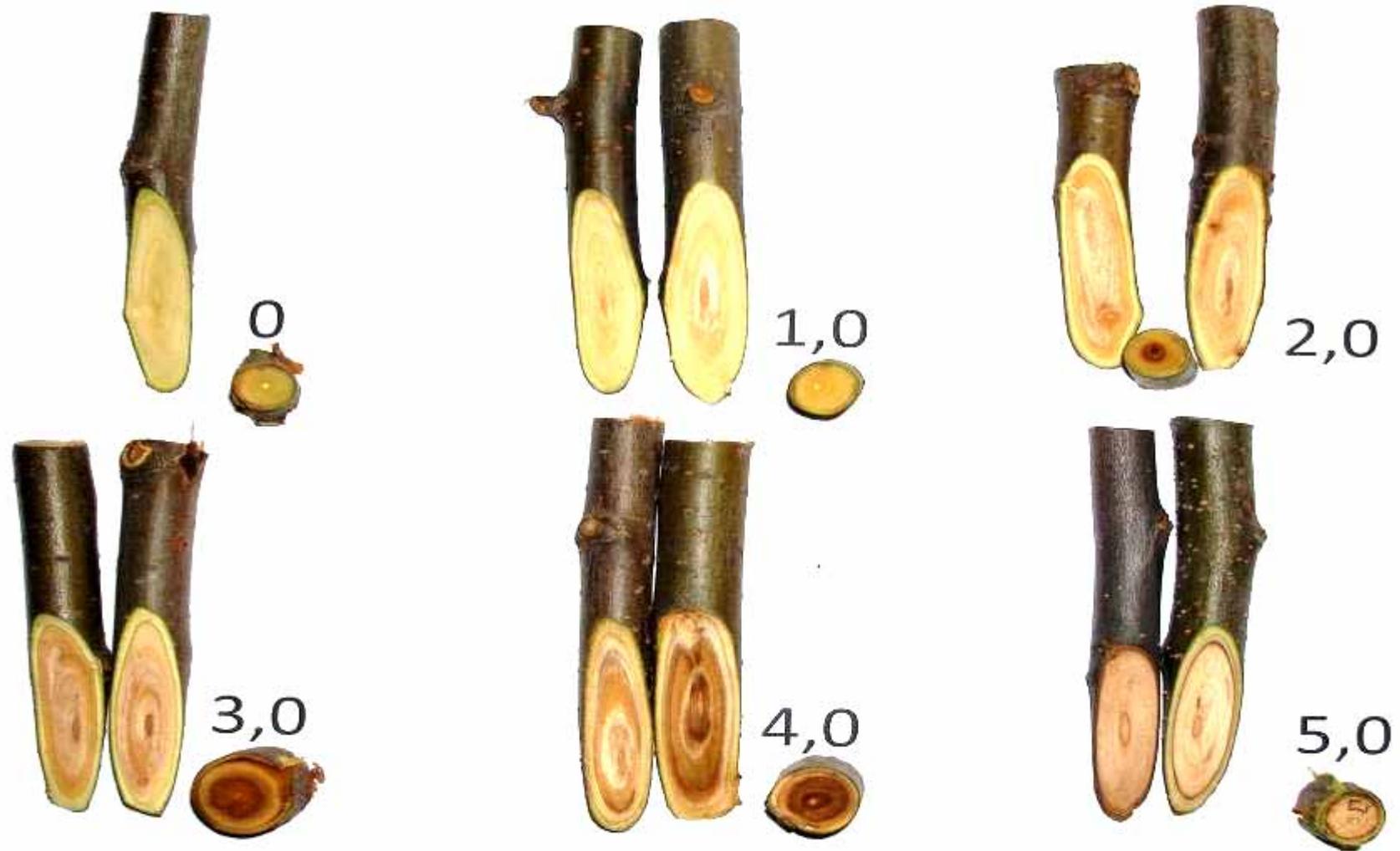


Рисунок 11. Цветовая градация по степени подмерзания древесины

Восстановительную способность гибридных сеянцев оценивали по общему состоянию деревьев осенью первого и второго года после сильного подмерзания.

Оценка полевой устойчивости к парше проведена по общепринятой методике с использованием количественной шкалы (в балах), учитывая число пораженных листьев, степень поражения листовой пластинки:

0 – поражение отсутствует;

1 – поражено до 1 % площади листа; пятна мелкие единичные, спороношение слабое (высокая устойчивость);

2 – поражено до 10 % площади листа, пятна мелкие, немногочисленные, спороношение слабое или умеренное (повышенная устойчивость);

3 – поражено до 25 % площади листа; спороношение умеренное (средняя устойчивость);

4 – поражено до 50 % площади листа; пятна крупные с обильным спороношением (повышенная восприимчивость);

5 – поражено свыше 50 % площади листа в сильной степени, пятна крупные, сливающиеся с темным, исчезающим по мере их некроза, спороношением гриба (высокая восприимчивость).

По 1–3 году плодоношения гибридных сеянцев выделяли отборные формы по величине, вкусу, окраске и срокам созревания плодов. В работе использованы материалы полевых наблюдений научных сотрудников НИИС по селекции и сортоизучению яблони Н. В. Ермаковой (1976–1990 гг.), З. С. Ящемской (1991–2003 гг.), С. А. Макаренко (2003–2017 гг.).

Определение биохимического состава плодов проводили сотрудники лаборатории биохимии и переработки плодовых и ягодных культур НИИ садоводства Сибири имени М. А. Лисавенко. В плодах определяли содержание сухих веществ по рефрактометру, титруемую кислотность – титрованием децинормальной щелочью, сахаров – по методу Бертрана, витамин С – индофенольным титрованием, пектина – колорометрическим карбазольным методом на сырой вес.

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена общепринятыми методами (Плохинский, 1960; Доспехов, 1985; Моисейченко и др., 1994; Методические рекомендации по применению статистических методов в генетике и селекции плодовых культур, 1980; Перфильев, 1994) и пакетом статистических программ Biogen (Мартынов, Сорокин, 2003).

## ГЛАВА 3. СЕЛЕКЦИЯ ЯБЛОНИ НА ЗИМОСТОЙКОСТЬ

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

С 1937 г. в низкогорье Алтая наблюдалось 13 неблагоприятных осенне-зимних периодов (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.) с подмерзанием деревьев яблони различных сортов в слабой и сильной степени.

Морозность зимы характеризуют сумма отрицательных температур с ноября по март, абсолютный минимум температуры воздуха и число дней с температурой воздуха  $-25^{\circ}\text{C}$  и ниже. В низкогорье Алтая с 1933 по 2017 гг. произошло повышение среднемноголетней годовой температуры воздуха с  $+1,0$  до  $+2,0^{\circ}\text{C}$ , в отдельные годы до  $+4,5^{\circ}\text{C}$  за счет повышения температуры воздуха зимних месяцев. В последнее десятилетие снизилась сумма отрицательных температур в отдельные годы до  $-927,0^{\circ}\text{C}$  (2006/07 г.). Количество морозных дней уменьшилось до 3 (2006/07, 2015/16 гг.) Зимний период 2006/07 г. был самым теплым: всего 3 дня с температурой воздуха немного ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ , сумма отрицательных температур  $-927^{\circ}\text{C}$ , абсолютный минимум температуры воздуха  $-25,4^{\circ}\text{C}$  (таблица 6).

Вероятность наступления в низкогорье Алтая морозов с температурой воздуха  $-35\dots-39^{\circ}\text{C}$  составляет 43 %,  $-40\dots-44^{\circ}\text{C}$  – 23 %,  $-45^{\circ}\text{C}$  – 3 %,  $-50^{\circ}\text{C}$  и ниже 1 % (рисунок 5, с. 47). На поверхности снега температура опускается до  $40^{\circ}\text{C}$  и ниже в 68 % лет. Сумма отрицательных температур по годам варьирует от 927 (2006/07 г.) до  $2772^{\circ}\text{C}$  (1968/69 г.), среднемноголетнее значение  $1813^{\circ}\text{C}$  с отклонением  $-886\dots+959^{\circ}\text{C}$ , или 49 и 53 % соответственно. Зимние периоды с количеством морозных дней от 2 до 20 (так называемые «сиротские» зимы) наблюдали 39 лет (49 %), 21–30 дней – 12 лет (16 %), 31–40 дней – 17 лет (22 %), 41–50 дней – 8 лет (10 %), 51–70 дней – 2 года (3 %).

Абсолютный минимум в низкогорье Алтая  $-50,5^{\circ}\text{C}$  зарегистрирован во II-й декаде декабря 1938 г. в зимний период по сумме отрицательных температур близкий к среднему значению.

Понижение температуры воздуха ниже  $-44^{\circ}\text{C}$  отмечено в зимние периоды 1946/47, 1966/67, 1968/69 гг. с суммой отрицательных температур  $2055,9^{\circ}\text{C}$ ,  $2198,5^{\circ}\text{C}$ ,  $2772,0^{\circ}\text{C}$  соответственно, а также в 1947/48, 2000/01 гг. с суммой отрицательных температур меньше средних значений  $1572,7$  и  $1625,7^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 6 – Показатели морозности зимних периодов в низкогорье Алтае, 1937–2017 гг.

Год	Количество морозных дней	Сумма отрицательных температур, °С	Минимальная температура воздуха, °С	Минимальная температура на поверхности снега, °С	Сумма положительных температур, °С	Осадки, мм	Безморозный период, дней
1	2	3	4	5	6	7	8
1937/38	-	-1760,0	-36,1	-	2086	973	123
1938/39	32	-1901,8	-50,5	-	-	682	123
1939/40	31	-1739,1	-38,7	-	-	718	123
1940/41	33	-1504,3	-35,6	-	-	784	123
1941/42	30	-1882,0	-41,0	-	2210	788	123
1942/43	33	-1788,4	-41,8	-	-	611	123
1943/44	15	-1513,5	-30,1	-	2212	729	123
1944/45	51	-2533,5	-42,0	-45,0	2329	490	137
1945/46	36	-1514,7	-33,8	-	2107	754	117
1946/47	41	-2055,9	-44,0	-	2120	769	120
1947/48	30	-1572,7	-44,5	-48,0	2120	777	125
1948/49	18	-1573,8	-35,4	-39,0	2169	634	140
1949/50	46	-2128,6	-41,4	-	2323	754	118
<b>1941-1950</b>	<b>15-51</b>	<b>-1504,3...-2533,5</b>	<b>-30,1...-50,5</b>	<b>-39,0...-50,1</b>			
1950/51	48	-2283,5	-43,4	47,0	-	692	118
1951/52	28	-1731,6	-31,4	-	2285	754	-
1952/53	31	-1807,2	-42,9	-	-	437	-
1953/54	50	-2184,0	-39,0	-45,0	2221	802	117
1954/55	43	-2046,1	-38,5	-43,0	2301	678	121
1955/56	46	-2009,8	-42,3	-47,0	2476	795	130
1956/57	32	-1865,4	-42,9	-46,0	2284	713	115
1957/58	27	-1610,4	-42,3	-47,3	1786	884	123
1958/59	20	-1604,5	-38,4	-42,0	2218	787	127
1959/60	45	-2132,5	-40,6	-45,3	2161	754	-
<b>1951-1960</b>	<b>20-50</b>	<b>-1604,5...-2283,5</b>	<b>-31,4...-43,4</b>	<b>-42,0...-47,0</b>			
1960/61	26	-1649,2	-36,7	-42,0	2290	837	103
1961/62	17	-1450,0	-31,7	-35,9	2424	574	132
1962/63	13	-1290,2	-31,5	-36,5	2084	619	99
1963/64	28	-1547,5	-32,5	-38,5	2184	564	107
1964/65	11	-1427,5	-39,1	-41,1	2393	605	104
1965/66	36	-1816,1	-42,5	-47,3	2409	875	130
1966/67	39	-2198,5	-46,3	-51,0	2294	686	113
1967/68	20	-1810,0	-42,6	-47,0	2293	682	106
1968/69	70	-2772,0	-46,4	-50,3	2172	898	125
1969/70	26	-1788,0	-37,3	-45,0	2211	868	124
<b>1961-1970</b>	<b>11-70</b>	<b>-1290,2...-2772,0</b>	<b>-31,5...-46,6</b>	<b>-35,9...-51,0</b>			
1970/71	38	-1972,0	-36,6	-42,9	2167	682	113
1971/72	31	-1588,5	-39,9	-45,0	2225	781	101
1972/73	20	-1518,8	-36,5	-42,0	2255	699	118
1973/74	10	-1708,7	-41,4	-44,0	2376	730	119
1974/75	3	-1628,6	-34,9	-40,0	2241	762	114
1975/76	15	-1598,6	-35,9	-40,0	2289	813	132
1976/77	17	-2199,0	-43,7	-48,0	2345	879	135
1977/78	20	-1440,2	-35,8	-40,0	2272	845	132
1978/79	5	-1522,7	-37,6	-42,0	2257	638	138
1979/80	23	-1867,0	-38,0	-43,0	2386	717	133
<b>1971-1980</b>	<b>3-38</b>	<b>-1440,2...-2199,0</b>	<b>-35,8...-43,7</b>	<b>-40,0...-48,0</b>			

окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
1980/81	17	-1408,0	-31,2	-38,0	2501	668	126
1981/82	18	-1610,0	-30,5	-37,0	2457	436	133
1982/83	9	-1503,0	-26,6	-31,0	2168	799	125
1983/84	19	-1702,0	-35,4	-42,0	2239	844	120
1984/85	37	-2106,0	-36,5	-42,0	2188	829	109
1985/86	10	-1612,0	-33,5	-40,0	2337	626	111
1986/87	15	-1686,0	-33,1	-39,0	2277	776	113
1987/88	32	-1998,0	-41,6	-45,0	2314	712	132
1988/89	16	-1176,0	-35,5	-39,0	2340	622	120
1989/90	12	-1332,0	-34,0	-40,0	2546	693	143
<b>1981-1990</b>	<b>9-37</b>	<b>-1332,0...-2106,0</b>	<b>-26,6...-41,6</b>	<b>-31,0...-45,0</b>			
1990/91	7	-1093,0	-29,7	-40,0	2550	624	131
1991/92	2	-1518,0	-29,7	-36,9	2384	801	142
1992/93	6	-1093,0	-36,9	-38,0	2333	785	125
1993/94	31	-1277,0	-32,1	-38,0	2405	693	138
1994/95	11	-1871,0	-33,2	-38,0	2452	741	118
1995/96	18	-2087,0	-36,1	-41,0	2464	719	114
1996/97	18	-1613,0	-32,2	-41,0	2648	650	137
1997/98	33	-1814,0	-35,0	-45,0	1882	499	108
1998/99	19	-1658,0	-35,7	-38,0	2739	744	125
1999/00	3	-1344,2	-35,2	-40,0	2676	807	142
<b>1991-2000</b>	<b>2-33</b>	<b>-1093,0...-2087,0</b>	<b>-29,7...-36,9</b>	<b>-36,9...-45,0</b>			115
2000/01	27	-1625,7	-46,0	-51,0	2576	667	132
2001/02	5	-955,4	-38,5	-40,0	2441	828	127
2002/03	18	-1478,8	-33,3	-44,3	2424	522	136
2003/04	7	-1417,6	-28,7	-32,5	2509	742	135
2004/05	33	-1632,3	-36,7	-41,9	2335	718	113
2005/06	11	-1637,8	-37,1	-41,6	2326	865	114
2006/07	3	-927,0	-25,4	-35,2	2957	667	153
2007/08	15	-1456,9	-33,1	-42,0	2498	625	135
2008/09	20	-1382,0	-36,9	-41,0	2361	750	113
2009/10	46	-2234,0	-39,2	-46,0	2258	808	123
<b>2001-2010</b>	<b>3-46</b>	<b>-927,0...-2234,0</b>	<b>-25,4...-46,0</b>	<b>-32,5...-51,0</b>			
2010/11	32	-1686,0	-38,4	-40,0	2426	573	122
2011/12	25	-1862,0	-35,9	-38,0	2684	533	125
2012/13	25	-1575,0	-37,4	-42,0	2330	836	97
2013/14	21	-1237,0	-33,2	-40,0	2406	805	131
2014/15	11	-1382,0	-35,7	-41,0	2316	812	132
2015/16	3	-1118,0	-27,9	-27,9	2675	761	108
<b>2011-2016</b>	<b>3-32</b>	<b>-1237,0...-1862,0</b>	<b>-33,2...-38,4</b>	<b>-27,9...-42,0</b>	<b>2339</b>		<b>123</b>
2016/17	12	-1390,0	-33,8	-41,0			

Низкие температуры и продолжительные морозные периоды в перечисленные годы, кроме 1947/48 г., вызывали повреждение скелетной части деревьев яблони всех сортов в различной степени (0,5–5,0 балла), в том числе и самого зимостойкого вида яблони *Malus baccata*, частичную гибель плодовых образований (до 50 %) у местных сортов и полную у интродуцированных.

Начиная с 70-х гг. XX века отмечена тенденция повышения среднегодовой температуры, сокращение зим с продолжительностью морозного периода 30 и более дней и понижением температуры воздуха ниже -42 °С. Их повторяемость наблюдается каждые 6–11 лет.

Однако зимы, после которых яблоня имеет повреждения, не всегда сопровождаются понижением температуры воздуха до абсолютных минимумов. Такими были зимние периоды 1944/45 г. с суммой отрицательных температур 2533,5 °С и абсолютным минимумом температуры воздуха -42,0 °С; 1950/51 г. (2283,5 °С) – -43,4°С; 1976/77 г. (2199,0 °С) – -43,7 °С; 1984/85 г. (2106,0 °С) – -36,5 °С; 1987/88 г. (1998,0 °С) – -41,6 °С; 2009/10 г. (2234,0 °С) – -39,2 °С.

Наиболее сильные повреждения сорта яблони получают в зимние периоды с продолжительными морозными периодами (1950/51, 1968/69, 2009/10 гг.), в сочетании с низкими температурами воздуха (-43,7...-46,0 °С). Уязвимыми являются продуктивные насаждения яблони в возрасте старше 15 лет. В эти зимние периоды плодовые насаждения получают весь спектр повреждений от обширных солнечных и термических ожогов коры до полной гибели деревьев. Значительные повреждения деревья яблони получили в зиму 2009/10 г. После избыточно увлажненного вегетационного периода (88 дней с осадками с мая по сентябрь) с суммой положительных температур 2287 °С не произошло вызревания древесины и закалки растений. Длительные морозы вызвали повреждение древесины, коры, скелета деревьев, генеративных органов всех сортообразцов яблони, у отдельных сортов – гибель деревьев старше 15 лет после обильного плодоношения в предшествующий вегетационный период. Особенно сильно они страдали от солнечных и термических ожогов (рисунок 12, 13).

По многолетним наблюдениям на степень повреждения сортов яблони влияет распределение холодных периодов на протяжении зимы. Очень часто неблагоприятную перезимовку плодовых деревьев предопределяло отсутствие условий для прохождения закалки и раннее наступление морозов (до -30 °С и ниже) в октябре-ноябре, резкие перепады температуры в ноябре-декабре. Такими были зимние периоды 1950/51, 1975/76, 1976/77, 1984/85, 1987/88, 1993/94, 1997/98, 2016/17 гг. (рисунок 14, 16). В сочетании с минимальными температурами воздуха яблоня получает повреждение скелета дерева и плодовых образований, 1-2-летней древесины среднезимостойких сортообразцов.

Сорта яблони местной селекции с вызревшей древесиной при благоприятных условиях закалывания не подмерзают и реализуют свою продуктивность после зимних периодов с минимальной температурой воздуха от -41,4 до -42,5 °С без сочетания с критическими низкими температурами воздуха в октябре-ноябре и резких перепадов температуры воздуха в ноябре-декабре и марте. Такими были годы 1949/50 г. (2128,6 °С) – -41,4°С; 1953/54 г. (2184,0 °С) – -38,5 °С; 1954/55 г. (2046,1 °С) – -38,5 °С; 1955/56 г. (2009,8 °С) – -42,3 °С; 1959/60 г. (2132,5 °С) – -40,6°С; 1965/66 г. (1816,1 °С) – -42,5 °С.



а. Подмерзание древесины и кольцевой перехват камбия по уровню снега сорт Таёжное



б. Гибель древесины, коры и камбия



в. Гибель древесины, коры в развилке



г. Термический ожог сорт Стройное

Рисунок 12. Повреждения деревьев яблони, полученные в зимний период 2009/10 г.



а. Гибель цветковых зачатков в почке



б. Гибель дерева OR48T47



г. Цветение сорта Толунай после зимы 2009/10 г.



д. Солнечный ожог скелетной ветви

Рисунок 13. Повреждения деревьев яблони, полученные в зимний период 2009/10 г.

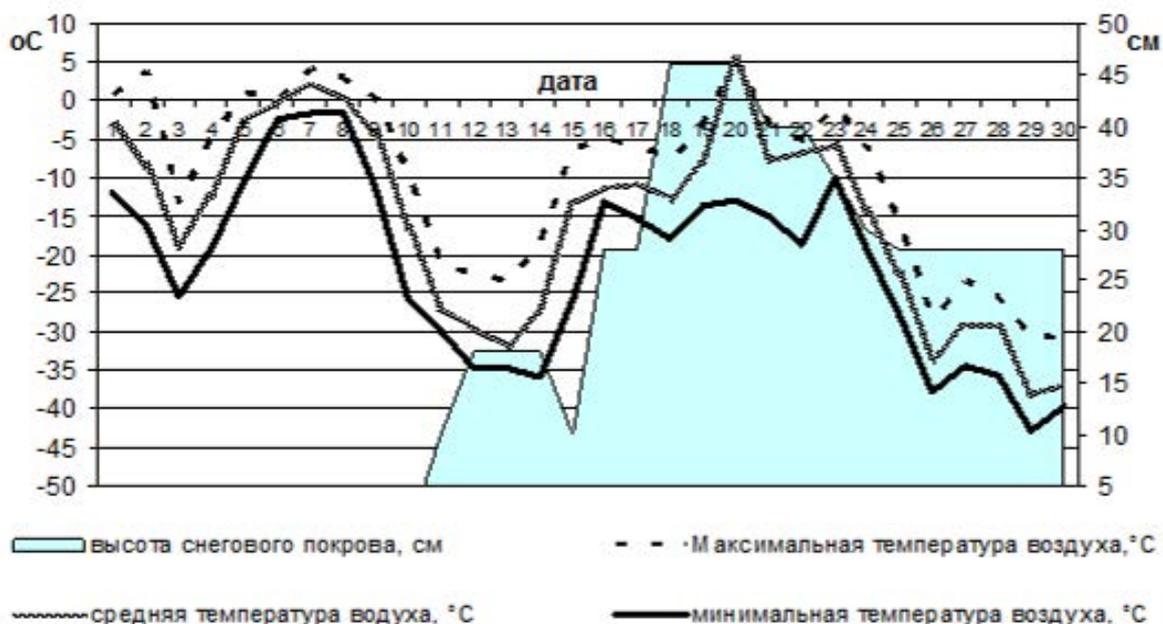


Рисунок 14. Температурный режим ноября (зимний период 1952/53 гг.)

Зимнему периоду 1976/77 гг. предшествовало резкое понижение температуры воздуха в октябре: в первой декаде до  $-12$  °С, во второй до  $-17,5$  °С, в третьей до  $-20,8$  °С. В зимние месяцы были продолжительные периоды с низкой температурой воздуха. Абсолютный минимум температуры воздуха  $-43,7$  °С, на поверхности снега  $-48,0$  °С (в третьей декаде декабря). В январе среднедекадные температуры воздуха составили  $-25,5$ ,  $-17,0$ ,  $-23,1$  °С. Сумма отрицательных температур за зиму  $-2199,0$  °С.

Зимний период 1984/85 гг. оказался очень неблагоприятным для яблони. Осенью деревья не прошли необходимой закалки. В ноябре и декабре были резкие колебания температуры воздуха, в первой декаде ноября температура понизилась с  $+12,6$  °С 1-го ноября до  $-29,5$  °С 9-го ноября. Вторая декада ноября была холодной, в третьей декаде была длительная оттепель с повышением температуры до  $+12,1$  °С 30-го ноября. В течение суток 10-го декабря температура воздуха опустилась с  $+10,9$  до  $-28,5$  °С, на поверхности почвы до  $-32,0$  °С. Вторая и третья декады декабря были морозными. Среднемесячная температура декабря  $-21,3$  °С — в 1,7 раза ниже среднемноголетних значений. Абсолютный минимум температуры воздуха зимнего периода  $-36,5$  °С (III декада декабря), сумма отрицательных температур —  $-2106,0$  °С.

Погодные условия осенне-зимнего периода 1987/88 гг. характеризуются продолжительной дождливой осенью и резким похолоданием в конце октября и второй половине ноября. Третья декада ноября была очень холодной (средняя температура воздуха за декаду  $-26,2$  °С, минимальная —  $-41,6$  °С, на поверхности снега —  $-45,0$  °С). В декабре происходили резкие колебания температуры от  $+11$  до  $-29,8$  °С. Остальные зимние месяцы были умеренно морозными и малоснежными.

Осенний период 2000/01 гг. был холодный, в первой декаде ноября температура воздуха опустилась до  $-27^{\circ}\text{C}$ . После сравнительно теплого декабря с двумя незначительными оттепелями в январе произошло резкое снижение температуры, абсолютный минимум температуры воздуха  $-46,0^{\circ}\text{C}$ , на поверхности снега  $-50,0^{\circ}\text{C}$  отмечен в первой декаде января. В первой декаде февраля минимальная температура воздуха составила  $-42,5^{\circ}\text{C}$ , в первой декаде марта  $-29,2^{\circ}\text{C}$ . Сумма отрицательных температур зимнего периода  $-1625,7^{\circ}\text{C}$ , морозных дней – 27. Наиболее холодными были первые декады января и февраля.

Продолжительность зимнего периода 2009/10 гг. составила 180 дней (с 22 октября по 21 апреля). Осень 2009 г. была короткая и умеренно теплая, с большим количеством осадков. В сентябре их выпало 123 мм, в октябре – 54 мм, в ноябре – 51 мм, превысив многолетние показатели на 55, 8 и 12 мм соответственно. Постоянный снеговой покров установился 22 октября. Третья декада октября характеризовалась холодной погодой ( $-1,7^{\circ}\text{C}$ ), хотя средняя температура воздуха за месяц была выше многолетних значений. В ноябре, декабре, январе, феврале и марте оттепелей и резких перепадов температуры воздуха не было. Среднемесячная температура воздуха ноября была на уровне многолетних значений  $6,5^{\circ}\text{C}$ , в декабре  $-14,1^{\circ}\text{C}$  – ниже на  $1,6^{\circ}\text{C}$  (рисунок 15).

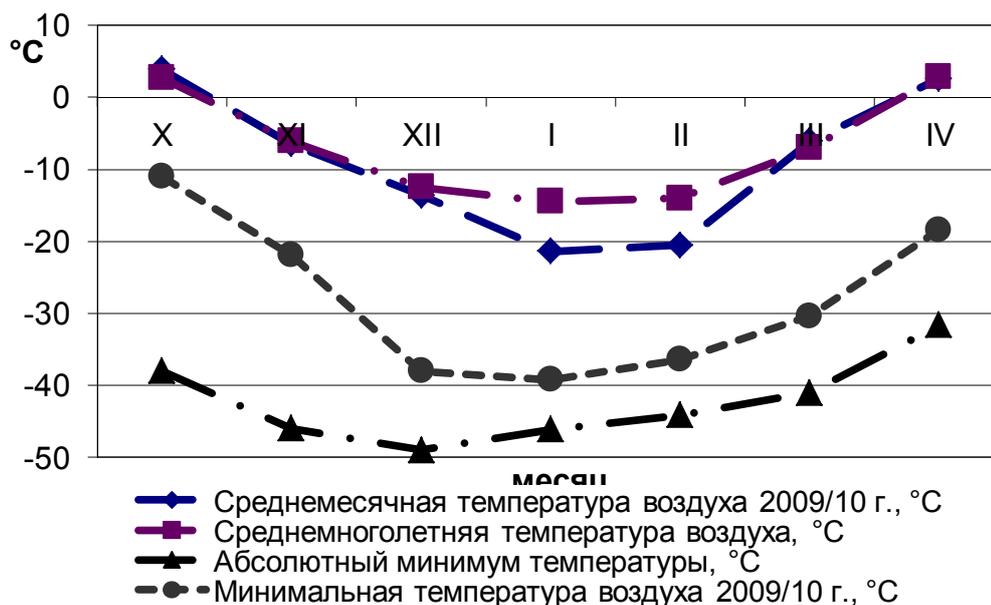


Рисунок 15. Характеристика зимнего периода 2009/10 гг.

Холодная погода установилась в январе. Минимальная температура воздуха за зиму  $-39,2^{\circ}\text{C}$  отмечена 9 января. По нашим наблюдениям на экспериментальных участках 8 и 9 января температура воздуха понижалась до  $-43^{\circ}\text{C}$ . За зиму температура на поверхности снега 8 раз опускалась до  $-41...-46^{\circ}\text{C}$ .

Холодными были I и II декады января со среднедекадной температурой воздуха  $-24,2$  и  $-21,4^{\circ}\text{C}$ , среднемесячная температура была ниже многолетних значений на  $6,9^{\circ}\text{C}$ . Февраль

характеризовался холодной погодой со среднемесячной температурой  $-19,0^{\circ}\text{C}$ , что ниже многолетних значений на  $5,0^{\circ}\text{C}$ . Наиболее холодной была первая декада февраля –  $-25,1^{\circ}\text{C}$ . Сумма отрицательных температур за зиму составила  $2234^{\circ}\text{C}$ , количество морозных дней – 46.

Неординарным был зимний период 2016/17 гг., который вызвал подмерзание большей части сортов образцов и гибридного фонда. Сентябрь 2016 г. теплый и с осадками, что способствовало продолжительной вегетации яблони и других культур. Начало естественного листопада затягивалось и, как такового его не было. В начале октября произошло резкое снижение температуры воздуха в ночное время до  $-4,6^{\circ}\text{C}$ , которое вызвало повреждение листового аппарата. Зимний период 2016/17 гг. начался резко во второй декаде октября. Среднесуточная температура воздуха опустилась ниже нуля 13 числа, и установился постоянный снеговой покров. Очень холодной погодой характеризовалась III декада октября. Существенное понижение температуры до  $-16,2\dots-18,0^{\circ}\text{C}$  произошло 29 октября. Средняя температура воздуха в ноябре  $-11,5^{\circ}\text{C}$ , что ниже многолетних значений на  $5,4^{\circ}\text{C}$ . Аномально холодными были II и III декада ноября. С 16 по 22 ноября среднесуточная температура воздуха составила  $-26,6\dots-29,5^{\circ}\text{C}$ , минимальная  $-31,3\dots-39,8^{\circ}\text{C}$ , на поверхности снега  $-41,0^{\circ}\text{C}$  (рисунок 16).

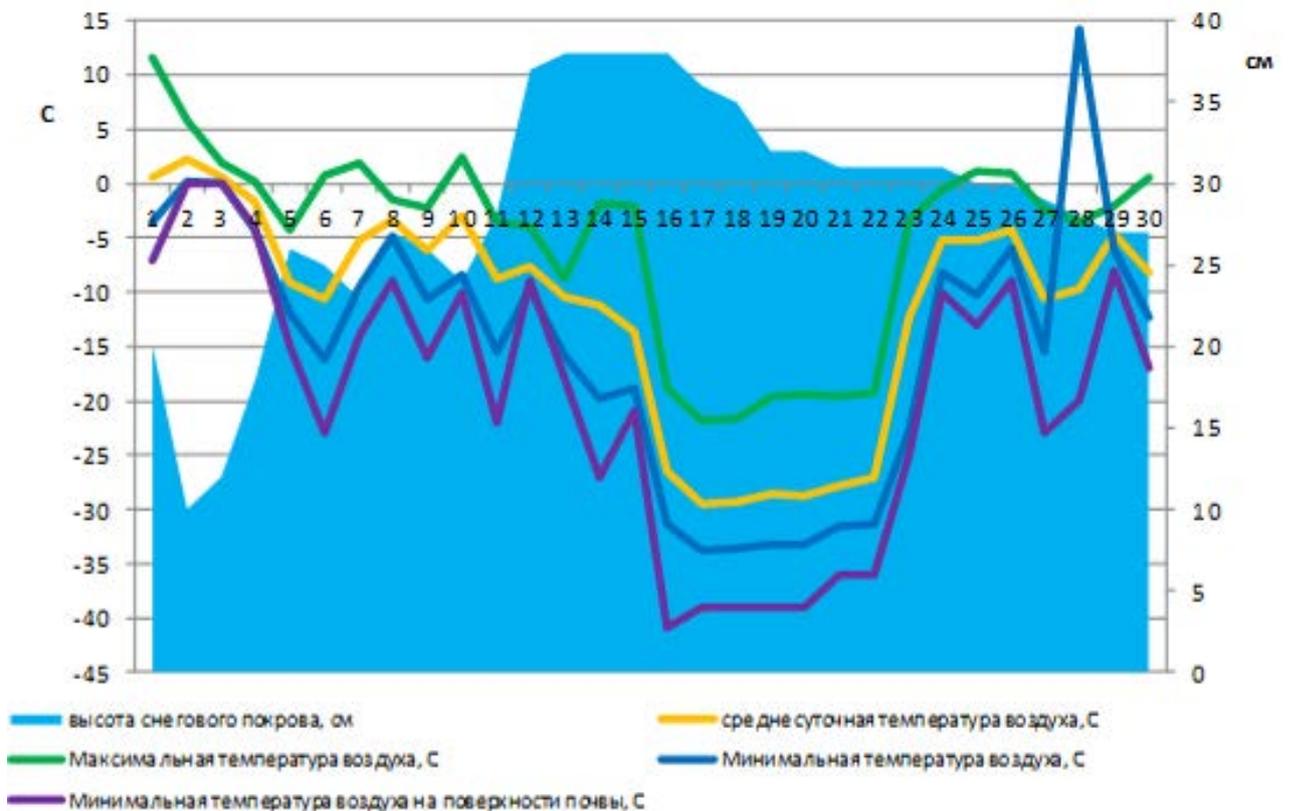


Рисунок 16. Температурный режим ноября (зимний период 2016/17 гг.)

Резкое понижение температуры воздуха и ее колебания вызвали подмерзание неподготовленных к зиме растений яблони. Остальные зимние месяцы характеризовались относительно стабильной без глубоких оттепелей умеренно теплой погодой. Холодной была II декада февраля без критических температур, которые могли бы вызвать повреждение деревьев яблони.

Зимы 1975/76, 1994/95, 1997/98 гг. были умеренно морозными. Подмерзание недостаточно зимостойких сортообразцов яблони произошло при резком понижении температуры воздуха во второй декаде ноября до  $-35^{\circ}\text{C}$ .

Зима 1998/99 гг. была умеренно морозной. Холодным был март, средняя температура которого оказалась на  $4,8^{\circ}\text{C}$  ниже многолетних значений. Резкое понижение температуры с  $-4,8$  до  $-30,6^{\circ}\text{C}$  произошло 5 марта, низкая температура держалась до конца второй декады.

За все годы наблюдений причинами подмерзания сортов яблони в условиях низкогорья Алтая являлись:

- резкое похолодания в конце октября и ноябре в 57 % случаев;
- критические низкие температуры воздуха и продолжительные морозные периоды в середине зимы в 36 % случаев;
- резкое понижение температуры воздуха и возвратные похолодания в марте в 7 % случаев.

Типы подмерзания яблони на Алтае бывают различными. В одни зимы повреждаются только плодовые почки или сердцевина однолетних побегов, 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 особенно отечественных, европейских и североамериканских сортов.

Таким образом, несмотря на тенденцию повышения среднегодовой температуры воздуха, критическими факторами зимнего периода для насаждений яблони в низкогорье Алтая являются резкий переход осенью от тепла к морозу, низкие отрицательные температуры и резкие перепады температуры воздуха в зимний период (ноябрь – март). Наиболее сильные повреждения яблоня получает в годы с продолжительными морозными периодами (сумма отрицательных температур от 1998 до  $2772^{\circ}\text{C}$ ) даже без сочетания с минимальными температурами воздуха.

Актуальной остается оценка потенциала устойчивости существующего генофонда яблони и превентивная селекция с поиском новых комплексных источников высокой зимостойкости, урожайности и качества плодов для дальнейшей селекции.

### 3.2. Фенологические фазы развития сортов яблони

Фенологические наблюдения за развитием сортов плодовых культур в той или иной местности дают представление о пригодности их для выращивания и соответствии развития сорта конкретным условиям возделывания. Селекционер, зная агроклиматические ресурсы территории, для которой он работает, ведет целенаправленный отбор генотипов способных максимально реализовывать свой продуктивный потенциал с максимальной адаптацией к условиям выращивания.

Изученные сорта созданы в Горно-Алтайске и являются различными поколениями от *Malus baccata*, но формирование и становление их генотипов происходило в климатических условиях различных временных периодов.

Начало распускания почек у сортообразцов начинается в среднем 28 апреля. Раньше всех начинает распускаться сорт Баяна – 24 апреля, позднее сорта Алтайское юбилейное, Алтынай, Горный синап, Поклон Шукшину, Сувенир Алтая, Феникс алтайский – 2 мая (таблица 7).

Сумма температур выше 0 °С, необходимая для начала фазы, составляет от 149,0 до 229,2 °С. Варьирование по годам существенное. В годы с ранней весной вегетация может начинаться 14 апреля, с поздней – в конце 1 декады мая.

Средняя дата наступления фазы цветения – 11 мая и может варьировать в зависимости от года. В теплые весенние периоды цветение может начаться в середине первой декады мая, в холодные и затяжные вёсны цветение наступает после 20 мая. Продолжительность фазы в сильной степени зависит от условий весны. Теплая и жаркая погода способствует сокращению периода цветения до 5 дней вместо 8–11, а прохладная погода может затянуть цветение до 14–18 дней. Среди сортов горноалтайской селекции очень раннее цветение имеют сортообразцы Баяна и Ранетка пурпуровая, ранние сроки у сортообразцов Алтайское крапчатое, Алтайское пурпуровое, Горноалтайское, Горный синап, Толунай. У остальных сортообразцов средние сроки цветения. Сумма активных температур, необходимая для прохождения фазы цветения 148,6–275,9 °С.

По срокам созревания плодов сорта делим на летние, осенние и зимние. В условиях Сибири последнюю группу точнее охарактеризовать, как сорта осеннего срока созревания с продолжительным периодом хранения плодов. Наиболее вариабельны даты созревания плодов у летних сортообразцов, так как к осени температурный режим, как правило, стабилизируется. Наиболее позднее созревание летних сортов в первых числах сентября было в 1987 и 2013 гг. В Сибири не хватает сортов с ультраранним сроком созревания плодов и над этим еще предстоит поработать.

Таблица 7 – Даты прохождения основных фенологических фаз сортами яблони НИИСС и необходимые для их наступления суммы температур (°С) в низкогорье Алтая, 1976–2016 гг.

Сортообразец	Начало распускания почек	Сумма температур		Начало цветения	Сумма температур		Созревание плодов	Сумма температур		Листопад	Сумма температур > 0
		>0	>5		>5	>10		>5	>10		
Ранетка пурпуровая	26.IV±8,5	169,0±22,2	86,4±11,4	4.V±10,5	150,1±30,4	43,0±31,7	12.IX±2,5	1574,9±42,9	951,8±8,7	28.IX±3,0	2211,8±13,5
Алтайское крапчатое	30.IV±10	209,3±51,2	107,9±9,1	13.V±10,0	255,6±61,7	77,3±34,2	20.VIII±5,0	1352,6±99,8	844,3±33,2	2.X±5,8	2220,3±24,9
Алтайское пурпуровое	30.IV±10	209,3±51,2	108,4±9,6	13.V±10,0	255,6±61,7	77,3±34,2	8.IX±7,0	1524,4±93,1	923,2±19,2	30.IX±2,7	2212,4±22,7
Алтайское юбилейное	2.V±8	229,2±30,2	118,8±5,1	18.V±8,0	251,3±13,8	97,5±13,9	7.IX±9,0	1454,0±163,8	883,4±59,8	4.X±4,7	2230,6±39,5
Алтынай	2.V±8	229,2±30,2	118,8±5,1	18.V±8,0	251,3±13,8	97,5±13,9	8.IX±7,0	1524,6±93,3	923,9±19,2	8.X±3,8	2247,4±31,9
Баяна	24.IV±8,5	149,0±22,2	86,4±11,4	3.V±11,0	148,6±59,7	41,3±33,8	28.VIII±3,0	1369,8±78,0	853,2±39,9	27.IX±3,2	2220,4±14,4
Горноалтайское	26.IV±8,5	169,0±22,2	86,4±11,4	13.V±6,5	229,0±35,1	77,3±34,2	16.VIII±7,0	1322,7±129,7	829,4±78,0	29.IX±4,1	2227,2±18,5
Горный синап	2.V±8	229,2±30,2	118,8±5,1	3.V±10,0	255,6±61,7	77,3±34,2	20.IX±5,0	1612,1±27,5	965,7±22,5	10.X±3,8	2286,4±13,7
Ермаковское горное	1.V±9	216,9±42,4	111,6±6,4	18.V±8,0	251,3±13,8	97,5±13,9	20.VIII±5,0	1352,6±99,8	844,2±33,2	2.X±5,2	2225,7±46,3
Поклон Шукшину	2.V±8	229,2±30,2	118,8±5,1	18.V±8,0	251,3±13,8	97,5±13,9	8.IX±8,0	1501,5±116,4	908,3±34,8	10.X±5,8	2286,4±32,1
Сувенир Алтая	2.V±8	229,2±30,2	118,8±5,1	20.V±5,5	275,9±10,9	122,2±10,8	12.IX±7,0	1559,9±71,6	942,5±17,0	10.X±5,1	2286,4±25,9
Сурхурай	28.IV±6	216,9±42,4	111,6±6,4	16.V±6,5	251,3±13,8	97,5±13,9	30.VIII±6,0	1451,0±99,1	867,5±56,4	2.X±4,2	2233,6±31,9
Татанаконское	1.V±9	216,9±42,4	111,6±6,4	16.V±6,5	251,3±13,8	97,5±13,9	20.VIII±5,0	1352,6±89,9	844,3±33,2	30.IX±3,8	2207,9±31,9
Толунай	30.IV±10	209,3±51,2	108,4±9,6	13.V±6,5	229,0±35,1	77,3±34,2	20.VIII±5,0	1344,3±91,6	848,5±37,4	29.IX±3,8	2220,4±31,9
Феникс алтайский	2.V±8	229,2±30,2	118,8±5,1	18.V±8,0	251,3±13,8	97,5±13,9	7.IX±9,0	1493,8±124,0	903,2±39,9	30.IX±4,5	2198,9±37,8
Шушенское	1.V±9	216,9±42,4	111,6±6,4	18.V±8,0	251,3±13,8	97,5±13,9	18.VIII±4,0	1328,6±88,4	851,8±34,2	10.X±4,5	2296,4±20,5
<b>Среднее</b>	<b>28.04</b>	<b>210,0</b>	<b>102,0</b>	<b>11.V</b>	<b>222,0</b>	<b>79,0</b>	<b>16.VIII- 20.IX</b>	<b>1322,7- 1612,1</b>	<b>829,4-965,7</b>	<b>27.IX-10.X</b>	<b>2211,8-2286,4</b>

Также ощущается недостаток сортов, совмещающих короткий период вегетации, который укладывается в промежуток 120–160 дней, высокую зимостойкость и продолжительный период хранения плодов, т.к. именно сорта с плодами зимнего срока потребления страдают в неблагоприятные зимы в первую очередь.

Листопад у яблони является окончанием вегетации сорта и свидетельствует о начале подготовки растения к зимнему периоду и переходу в глубокий покой. Средние даты листопада в низкогорье Алтая 27 сентября–10 октября в зависимости от образца. Для завершения вегетации сортам необходима сумма положительных температур в пределах 2211,8–2286,4 °С.

### 3.3. Зимостойкость исходных форм

По результатам многолетних полевых исследований яблоня в низкогорье Алтая наиболее уязвима по трем компонентам зимостойкости из четырех:

I – недостаточная морозоустойчивость тканей дерева и почек в конце осени и начале зимы;

II – недостаточная максимальная морозоустойчивость ксилемы в середине зимы;

IV – слабое восстановление морозостойкости при резком понижении температуры воздуха в зимне-весенний период после продолжительных оттепелей.

В обычные по морозности зимы сорта ранеток и полукультурок, использованные в качестве исходных форм, на Алтае зимуют без подмерзания, либо подмерзают в слабой степени (0,5–1,0 балла).

В низкогорье Алтая подмерзание сортов Непобедимая Грелля, Таёжное, Тунгус на 2,0–3,0 балла наблюдали в зиму 1944/45 гг. с абсолютным минимумом температуры воздуха -42 °С (в конце ноября) и в 1950/51 гг. с абсолютным минимумом -43,3 °С (таблица 8). Подмерзание в 1,0–2,0 балла было у исходных форм в сравнительно тёплую зиму 1945/46 гг. (абсолютный минимум -33,8 °С). Довольно сильное повреждение низкими температурами всех сортов ранеток (2,0–3,0 балла) и полукультурок (3,0–3,5 балла) произошло в зиму 1966/67 гг. при абсолютном минимуме температуры воздуха -46,3 °С. В 1938 г. деревья сорта Таёжное погибли по уровню снегового покрова.

За период исследований 1976–2017 гг. алтайские сорта яблони (F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>) подмерзали в зимние периоды 1976/77, 1984/85, 1987/88, 2000/01, 2009/10, 2016/17 гг. независимо от их генетического происхождения (таблица 9).

Зимой 1976/77 гг. в меньшей степени подмерзли сорта Горноалтайское (1,5–2,0 балла), Бельфлер алтайский (2,0 балла), остальные в средней (3,0–3,5 балла).

В зимний период 1984/85 гг. в слабой степени подмерзли Ранетка целинная, Горноалтайское, Алтайское раннее, Алтайское юбилейное, Золотая тайга, Пепинка алтайская, Снегирек, Татанаковское, Урожайное (1,0–2,2 балла), в средней степени Алтайское крапчатое, Сувенир Алтай, Сюрприз Алтай (2,5–2,8 балла), у остальных сортообразцов степень подмерзания от 3,0 до 3,7 балла.

Таблица 8 – Степень подмерзания исходных форм яблони (сортов ранеток и полукультурок) на Алтае, 1937–1967 гг. (Калинина, Ящемская, Макаренко, 2010)

Степень подмерзания в баллах по годам и минимальная температура воздуха							
Сортообразец	1944/45	1945/46	1950/51	1966/67	Сортообразец	1955/56	1966/67
	-42,0	-33,8	-43,3	-46,3		-40,4	-45,0
низкогорье Алтай				лесостепная зона Алтай			
Сибирская яблоня	0,5	0,5	0	1,0	Сибирская яблоня	0	1,0
Ранетка пурпуровая	0	1	0	2,0	Северянка	0	1,0
Багрянка	0	1	0	2,5	Багрянка	0	2,0
Непобедимая Грелля	3	2	1	2,8	Ранетка пурпуровая	0	1,7
Сеянец Пудовщины	1	1	0	3,0	Сеянец Пудовщины	0	2,2
Таёжное	3	1	1	3,0	Таёжное	2	2,5
Сибирское золото	1	1	1	3,0	Анисик омский	2	3,0
Быстрянка	0	1	2	3,2	Быстрянка	2	3,0
Анисик омский	1	1	1	3,5	Сибирское золото	2	3,2
Тунгус	2	2	4	3,5	Тунгус	2	3,3

Зимой 1987/88 гг. очень слабо подмерз сорт Ранетка целинная (0,5 балла), в слабой степени – Урожайное, Алтайское юбилейное, Золотая тайга, Осенняя радость Алтай, Ранетка плодородная, Снегирек, Сюрприз Алтай (1,7–2,2 балла).

В зиму 2000/01 гг. очень слабое подмерзание имели сорта Ранетка целинная, Пепинка алтайская, Сурхурай, Баяна (0,5–1,5 балла), в слабой степени – Горноалтайское, Алтайское раннее, Снегирек, Алтайское пурпуровое, Горный синап, Татанаковское, Толунай, Сюрприз Алтай, Урожайное (1,8–2,5 балла). Остальные сортообразцы подмерзли в средней и сильной степени (3,0–4,0 балла). Восстановление сортов со степенью подмерзания до 2,5 балла шло хорошо, они и в год подмерзания плодоносили в средней степени.

В обычные по морозности зимы, с понижением температуры воздуха до -40 °С, сорта НИИСС не подмерзают.

В зимний период 2009/10 гг. «картина» подмерзания яблони была разнообразной (таблица 10). Полной гибели 22-летних сортообразцов не отмечено. Степень подмерзания контрольного сорта Горноалтайское составила 1,5 балла.

На уровне контроля повреждение деревьев имели сортообразцы 14-78-416 (Пепинка алтайская × Гордость Лесивицкого) – 1,0 балла, Сурхурай (Горноалтайское × Феникс алтайский) – 1,5 балла, 4-73-9294 (Горноалтайское × Wealthy) – 1,8, 3-74-11169 (Горноалтайское × Делишес красный) – 1,8, 4-74-1123 (Горноалтайское × Wealthy) – 1,8 балла.

Таблица 9 – Степень подмерзания алтайских сортов яблони в низкогорье 1984–2010 гг., балл

Сорт	1984/85	1987/88	1997/98	2000/01
1	2	3	4	5
год посадки 1975 г.				
Алтайское юбилейное	3,0	3,2	2,0	-
Алтынай	3,0	3,0	2,0	-
Татанаковское	2,5	2,6	1,5	-
год посадки 1976 г.				
Горноалтайское	2,0	2,5	1,0	2,0
Новость Алтая	3,4	3,6	2,0	3,0
Сувенир Алтая	2,8	3,9	2,0	3,5
Феникс алтайский	3,0	3,5	2,0	3,0
год посадки 1980 г.				
Алтайский голубок	3,0	3,0	1,0	3,0
Алтайское бархатное	3,5	3,1	1,0	3,0
Алтайское десертное	3,5	3,7	-	-
Алтайское золотое	3,0	3,2	1,0	3,0
Алтайское крапчатое	3,0	2,7	1,0	3,0
Алтайское новогоднее	3,5	3,3	2,0	3,0
Алтайское раннее	2,0	2,5	1,0	2,0
Алтайское юбилейное	2,0	2,8	1,5	2,0
Горноалтайское	2,0	3,0	1,0	2,0
Золотая тайга	2,0	2,0	2,0	3,5
Лежкое	3,0	3,6	1,0	2,5
годы прививки в крону скелетообразователя 1995, 1996 гг.				
Новость Алтая	3,5	3,3	2,0	3,0
Осеннее солнышко	3,5	3,0	1,5	2,5
Осенняя радость Алтая	3,5	2,2	1,0	2,5
Ранетка пурпуровая	0,5	-	-	0,7
Ранетка плодородная	3,5	2,0	2,0	2,0
Ранетка целинная	1,0	0,5	1,0	0,5
Снегирек	2,0	2,0	2,5	2,0
Сувенир Алтая	2,5	3,8	3,0	3,0
Сюрприз Алтая	2,5	2,0	1,0	2,5
Урожайное	2,0	1,7	1,0	2,5
Феникс алтайский	3,7	3,3	2,5	3,0
год посадки 1981 г.				
Алтайское крапчатое	2,6	3,2	1,0	3,0
Алтайское пурпуровое	3,5	3,1	2,0	3,0
Горноалтайское	1,9	2,3	1,0	2,0
Ермаковское горное	3,2	3,3	1,0	2,5
Пепинка алтайская	2,2	3,0	1,0	1,0
Татанаковское	1,9	2,5	1,0	2,5
Феникс алтайский	3,4	3,8	2,0	3,0
Шафран алтайский	3,8	3,7	2,0	4,0
Сорт	1997/98	2000/01	2009/10	
год посадки 1988 г.				
Горноалтайское	1,0	1,8	2,0	
Сурхурай	0,5	1,4	2,0	
Алтайское пурпуровое	-	2,2	3,7	
Баяна	-	1,5	2,0	
Горный синап	-	2,5	2,5	
Поклон Шукшину		2,0	2,5	
Толунай	-	2,5	2,5	
Шушенское		2,0	2,5	

Таблица 10 – Степень подмерзания сортообразцов яблони, зимний период 2009/10 г., балл

Степень подмерзания	Сортообразец
<i>сорта алтайское селекции</i>	
0 балла	Алтайское багряное, Горноалтайское, Осеннее солнышко, Ранетка целинная, Северянка
1,0 балла	Алтайский голубок, Алтайское раннее, Барнаульское раннее, Золотая тайга, Красная горка, Пепинка алтайская, Смугляночка, Снегирек, Соловьевское, Юнга, 1-63-4909, 4-65-6562, 14-78-416
2,0 балла	Алтайское крапчатое, Алтайское румяное, Алтайское янтарное, Горный синап, Ермаковское горное, Заветное, Зимний шафран, Павлуша, Сувенир Алтая, Соломка, Сюрприз, Татанакоское, Толунай, Феникс алтайский, 1-63-1046, 4-73-9294, 2-76-11281, 2-76-11300
3,0 балла	Алтайская красавица, Алтайское бархатное, Алтынай, Барнаульское раннее, Осенняя радость Алтая, Подарок садоводам
4,0-4,5 балла	Алтайское пурпуровое, Алтайское юбилейное, Стройное
<i>сорта сибирской и уральской селекции</i>	
0,5 балла	Нежное забайкальское, Малинка
1,0 балла	Комсомолец Бурятии, Лойко, Папироянтарное, Подарок осени, Светлое, Уралец
2,0 балла	Горнист, Дачная, Исеть белая, Лебединая песня, Приземленное, Свердловчанин, Сладкая нега, Солнцедар, Татьяна, Уральское наливное, Экранное
3,0 балла	Братчуд, Кибо, Память Жаворонкова, Первоуральская, Серебряное копытце
4,0 балла	Ковровое, Подснежник, Приветное, Раннее Уктуса
5,0 балла	Соколовское
<i>интродуцированные сортообразцы M. × domestica</i>	
0 балла	<i>Malus baccata</i> 1/1, Спорт Метла, 18-9, 32-26
1,0 балла	Китайка золотая ранняя
2,0 балла	Ароматное
3,0 балла	Болотовское, Белорусский синап, Грушовка московская, Дастархан, Зимнее наслаждение, Имрус, Кипарисовое, Куликовское, Нарядное, Орловский пионер, Рекорд Мичурина, Теллисааре, Минское, Московское зимнее, Ренет Черненко, Свежесть, Чистотел, Юбиляр, Россиянка
4,0 балла	Аэлита, Апорт кроваво-красный, Бабушкино, Бархатное, Васюган, Веняминовское, Ветеран, Витязь, Грушовка Верненского, Жигулевское, Заравшанское розовое, Кандиль орловский, Квинти, Конфетное, Коричное новое, Куйбышевское, Ломоносовское, Мезенское, Московское красное, Московское позднее, Новинка, Олимпийское, Орловим, Орловское зимнее, Осеннее алое, Осенняя радость, Память воину, Румянка Алма-атинская, Раннее алое, Ренет Бурхарда, Рождественское, Розовое из Тарту, Синап орловский, Слава победителям, Солнышко, Спартан, Старк ерлиест, Талвенаудинт, Тамбовское, Услада, Чиллини, Юный натуралист, КВ 87
5,0 балла	Августовское, Анис апортовый, Арбат, Джин, Заря подолья, Народное, Рубиновое Дуки, Салтанат, Строевское

В слабой степени (2,0–2,5 балла) подмерзли сортообразцы 2-70-8343, 2-70-8371 (Горноалтайское × Феникс алтайский), 1-73-9402 (Горноалтайское × Фолвел), 4-73-9299, 4-73-9324 (Горноалтайское × Уэлси), 7-74-11185 (Горноалтайское × Уэлси), 2-76-11272, 2-76-11281, 2-76-11300 (Пепинка алтайская × SR0523), 7-78-147 (Горноалтайское × Уэлси).

Среди новых сортов и элитных форм наибольшую устойчивость проявили сорта Толунай со степенью подмерзания 1,8 балла, Баяна – 2,0, Горный синап – 2,0, Поклон Шукшину – 2,2, Шушенское – 2,5, элитные формы Со-81-907 (Со Алтайское юбилейное) – 2,0, 12-82-1816 [Ермаковское горное × (OR48T47+OR40T43)] – 2,5, 19-82-1536 [1-63-1046 × (OR48T47+OR40T43)] – 2,0. Сорт Алтайское пурпуровое подмерз в сильной степени.

Степень подмерзания зависела от расположения деревьев на склоне. На участке в верхней части склона деревья среднезимостойкого сорта Феникс алтайский в возрасте 24 лет подмерзли в слабой степени на 2,0 балла, степень подмерзания оказалась ниже у сортообразцов Татанаковское –1,5 и Со-61-632 – 1,2 балла, у остальных сортообразцов от 2,0 (Заветное) до 2,9 (Алтайское пурпуровое).

В 18-летнем возрасте отмечена гибель 75 и 90 % деревьев сортов Алтайское пурпуровое и Алтайское юбилейное соответственно. Для них было характерно сильное подмерзание с ожогами в развилках, гибель камбия в нижней части штамба, кольцевые перехваты на ветвях разных возрастов, отмирание древесины у основания плодовых образований. Деревья сорта Алтынай подмерзли в средней степени, потеряли частично крону и плохо восстанавливались.

На коллекционном изучении находились интродуцированные сорта российской и зарубежной селекции, сорта и элитные формы НИИСС. В зиму 2009/10 гг. из крупноплодных сортов 7 подмерзли в очень сильной степени, 20 сортообразцов – в сильной, остальные имели степень подмерзания выше средней. На фоне всей коллекции выделялся сорт Ароматное.

В возрасте 5 лет среди сортообразцов уральской селекции в слабой степени (2,0–2,5 балла) подмерзли Уральское наливное, Исеть белая, Серебряное копытце, Экранное, Дачная, Солнцедар, Первоуральское, Малышова, Горнист, Приземленное, Свердловчанин, степень подмерзания на 1,0–1,5 балла у сортов Уралец, Папириянтное, Татьяна. Сорта Ковровое, Чудное, Подснежник, Соколовское, Приветное, Память Жаворонкову, Раннее Уктуса имели степень подмерзания 4,0–5,0 балла. Сортообразцы Благая весть, Персиянка, привитые в крону скелетообразователя, погибли.

Картина степени подмерзания отборных форм НИИСС весьма разнообразна. Молодые деревья в возрасте 4–5 лет подмерзли в меньшей степени, чем в возрасте 15–18 лет. В качестве доноров зимостойкости, проверены гибридным потомством, для использования в селекции рекомендуем гибриды 1-63-4909 (Алтайский голубок × Фолвел), 4-65-6562 [Пепинка алтайская × (Пепин шафранный + Уэлси + Бельфлер-китайка)].

В условиях низкогорья Алтая устойчивыми к низким температурам в раннезимний период (конец октября, ноябрь) являются сорта: Алтайское раннее, Алтайское юбилейное, Горноалтайское, Бельфлер алтайский, Золотая тайга, Ранетка целинная, Пепинка алтайская, Снегирек, Татанаковское, Урожайное; устойчивыми к низким температурам (-46,0 °С) в середине зимы являются сорта Алтайское раннее, Баяна, Горноалтайское, Пепинка алтайская, Ранетка целинная, Ранетка пурпуровая, Сурхурай; устойчивыми к продолжительным морозным периодам являются сорта Алтайское багряное, Горноалтайское, Осеннее солнышко, Ранетка целинная, Северянка, Алтайский голубок, Алтайское раннее, Барнаульское раннее, Золотая тайга, Красная горка, Пепинка алтайская, Смуглянка, Соловьевское, Юнга, Алтайское

крапчатое, Алтайское румяное, Алтайское янтарное, Горный синап, Ермаковское горное, Заветное, Зимний шафран, Павлуша, Сувенир Алтая, Соломка, Сюрприз, Татанаковское, Толунай, Феникс алтайский, Шушенское, Нежное забайкальское, Малинка, Комсомолец Бурятии, Лойко, Папироянтарное, Подарок осени, Светлое, Уралец, 1-63-4909, 4-65-6562, 4-73-9294, 2-76-11281, 2-76-11300, 1-63-1046, 14-78-416.

Выделенные сортообразцы перспективны в селекции на высокую зимостойкость по I, II, IV компонентам, т.к. без повреждений способны выдерживать понижение температуры до  $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$  в начале зимы, до  $-46\text{ }^{\circ}\text{C}$  в середине зимы и до  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  в конце зимнего периода. Селекционерами Сибири в создании зимостойких сортов с комплексом хозяйственно-ценных признаков получены положительные результаты. Однако остается актуальным создание сортов, превосходящих существующие, сочетающих зимостойкость, высокую полевую устойчивость или иммунитет к парше, повышенное качество плодов.

### 3.4. Зимостойкость гибридных сеянцев яблони

Зимостойкость является основной биологической характеристикой сортов яблони и служит одним из критериев оценки возделывания их в условиях резко-континентального климата Сибири с продолжительным зимним периодом.

Селекция яблони на зимостойкость в условиях низкогорья Алтая с использованием в гибридизации потомков зимостойких видов *Malus baccata*, *Malus × prunifolia* остается главным направлением. Основными повреждающими факторами являются понижение температуры воздуха до  $-50,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , на поверхности снега до  $-46\text{...}-52\text{ }^{\circ}\text{C}$  и возможные продолжительные морозные периоды с суммой отрицательных температур до  $2772\text{ }^{\circ}\text{C}$  (зима 1968/69 г.) (Калинина, 2005; Калинина, Ящемская, Макаренко, 2010; Макаренко, 2013 б; Макаренко, Калинина, 2016).

Сибирские сорта яблони должны формировать зимостойкость в сжатые сроки и иметь предел прочности к воздействию низких температур в соответствии с моделью искусственного промораживания, разработанной физиологами НИИСС (Лобанов, 2009):

- во второй половине октября начале ноября  $-35\text{...}-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- в середине зимовки  $-50\text{...}-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  для почек, тканей коры, флоэмы и камбия и  $-42\text{...}-48\text{ }^{\circ}\text{C}$  для ксилемы;
- после оттепели с температурой воздуха  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  и последующей закалкой при температуре  $-5\text{...}-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-40\text{...}-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Селекционерами Алтая и Сибири в создании зимостойких сортов с комплексом

хозяйственно-ценных признаков получены положительные результаты. Однако остается актуальным создание сортов, сочетающих в своем генотипе зимостойкость, высокую восстановительную способность, высокую полевую устойчивость к парше в сочетании с иммунитетом и повышенным качеством плодов.

Критическими для перезимовки гибридных сеянцев яблони оказались погодные условия зимы 1976/77 г. В эту зиму подмерзли гибриды всех групп скрещивания. Холодный осенний период отрицательно сказался на подготовке яблони к зиме. Понижение температуры воздуха до  $-43,7$  °С, на поверхности снега  $-48,0$  °С в третьей декаде декабря и холодные январь (среднедекадные температуры воздуха составили  $-25,5$ ,  $-17,0$ ,  $-23,1$  °С) вызвали подмерзание яблони. В  $F_2$  сибирской яблони (Лалетино × Боровинка) большая часть гибридов (64 %) подмерзли в слабой степени (до 2,0 балла) (таблица 11).

Среди гибридов третьего поколения сибирской яблони наиболее результативными по выходу зимостойких гибридов были комбинации, где в качестве материнских исходных форм использованы сорта Алтайский голубок, Алтайское сладкое, Ранетка целинная, Ранетка плодородная, 2-37-836, 4-37-197, отцовских – интродуцированные сорта: Анис летний, Бельфлер-китайка, Боровинка, Белый налив, Грушовка московская, Пепин шафранный, Шафран-китайка, Уэлси, генетически связанные с *Malus prunifolia*, *Malus presox*. Средняя степень подмерзания в этих семьях от 1,8 (2-37-836 × (Грушовка московская + Белый налив + Китайка золотая)) до 2,8 балла (Ранетка плодородная × Бельфлер–китайка) (рисунок 17, таблица 11).

В  $F_3$  среди гибридов в возрасте 5–6 лет наиболее результативными оказались комбинации скрещивания зимостойкого сорта Горноалтайское с сортами Белый налив, Бельфлер-китайка, Уэлси, Фолвел, Пепин шафранный.

В этих семьях от 45 до 81 % зимостойких сеянцев (со степенью подмерзания от 0 до 2,0 балла). В семье Алтайский голубок × Фолвел 6 % гибридов с высокой зимостойкостью. В  $F_3$  выделены зимостойкие сорта Алтайское пурпуровое (8-39-279 × Уэлси) и Татанакское (8-39-279 × Уэлси) с массой плодов 61,0 и 57,0 г.

В группах скрещивания  $Co \times F_2$  и  $Co \times F_3$  от 21 до 91 % сеянцев со степенью подмерзания 0–2,0 балла. Меньше зимостойких гибридов от скрещивания сорта Феникс алтайский с сортами Алтайское десертное, Ранетка плодородная. Среди гибридов в семье Феникс алтайский × Алтайский голубок отобран зимостойкий сорт Ермаковское горное.

В семьях, где в качестве материнской исходной формы были использованы алтайские сорта средней зимостойкости (сеянцы от свободного опыления крупноплодных сортов) Феникс алтайский, Шафран алтайский, Новость Алтая средняя степень подмерзания по семьям варьировала от 0,7 до 2,7 балла. В семье Горноалтайское × Феникс алтайский отобран высокозимостойкий сорт Сурхурай.

Таблица 11 – Степень подмерзания гибридов яблони в зиму 1976/77 гг.

Комбинация скрещиваний	Изучено сеянцев, шт.	Из них % со степенью подмерзания в баллах					Средний балл подмерзания	V, %
		0-1,0	2,0	3,0	4,0	5,0		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>F<sub>2</sub> (F<sub>1</sub> × M. × domestica)</b>								
Лалетино × Боровинка	66	35	29	18	18	0	2,0	16
<b>F<sub>3</sub> (F<sub>2</sub> × M. × domestica) 11-16 летнего возраста</b>								
Алтайский голубок × (Грушовка московская + Анис летний)	447	10	24	36	30	0	2,8	7
Алтайский голубок × Фолвел	306	1	5	25	69	0	3,6	17
Алтайское сладкое × (Белый налив + Бельфлер-китайка + Боровинка)	383	10	23	48	19	0	2,7	9
Горноалтайское × Бельфлер-китайка	119	1	18	37	44	0	3,2	19
Пепинка алтайская × (Пепин шафранный + Уэлси + Бельфлер-китайка)	145	4	24	33	39	0	3,1	14
Ранетка плодородная × (Белый налив + Грушовка московская + Анис летний)	764	11	23	39	27	0	2,8	5
Ранетка плодородная × Бельфлер-китайка	398	4	29	52	15	0	2,8	11
Ранетка целинная × Бельфлер-китайка	20	20	40	40	0	0	2,1	45
Ранетка целинная × (Пепин шафранный + Бельфлер-китайка + Шафран-китайка)	627	19	34	35	12	0	2,3	6
Спорт-метла × Фолвел	293	5	23	44	28	0	2,9	10
2-37-836 × Бельфлер-китайка	61	8	28	38	26	0	2,8	20
2-37-836 × (Грушовка московская + Белый налив + Китайка золотая)	69	36	35	26	3	0	1,8	21
4-37-197 × (Белый налив + Грушовка московская)	182	30	28	27	15	0	2,1	9
4-37-197 × (Грушовка московская + Белый налив + Анис летний)	127	19	30	28	24	0	2,5	11
8-39-279 × Пепин шафранный	30	0	0	17	83	0	3,8	66
8-39-279 × Уэлси	340	1	10	65	24	0	3,1	15
F <sub>факт</sub> (2,5) > F <sub>теор.</sub> (1,8); H <sup>2</sup> <sub>a+b</sub> = 16%; H <sup>2</sup> <sub>a</sub> = 5%; H <sup>2</sup> <sub>b</sub> = 11%	4311	11	23	37	29	0		
<b>F<sub>3</sub> (F<sub>2</sub> × M. × domestica) 5-6 летнего возраста</b>								
Алтайская скороспелка × Мелба	17	0	18	47	12	23	3,4	42
Горноалтайское × Белый налив	22	45	36	19	0	0	1,5	44
Горноалтайское × Бельфлер-китайка	59	31	44	21	2	2	1,9	24
Горноалтайское × Пепин шафранный	43	0	54	23	14	9	2,8	31
Горноалтайское × Уэлси	67	12	43	33	9	3	2,4	21
Горноалтайское × Фолвел	18	6	38	39	11	6	2,7	40
F <sub>факт.</sub> < F <sub>теор.</sub> ; H <sup>2</sup> <sub>a+b</sub> = 34%; H <sup>2</sup> <sub>a</sub> = 2%; H <sup>2</sup> <sub>b</sub> = 32%	226	16	39	30	8	7		
<b>F<sub>2</sub> × F<sub>2</sub></b>								
Алтайское сладкое × Алтайское десертное	75	7	56	16	13	8	2,6	24
Алтайское сладкое × Горноалтайское	46	20	39	9	20	13	2,6	17
	121	14	48	13	17	8		
<b>F<sub>2</sub> × Co (свободное опыление)</b>								
Горноалтайское × Феникс алтайский	57	30	16	16	18	20	2,7	8
<b>F<sub>3</sub> × F<sub>2</sub></b>								
Алтайское бархатное × Урожайное	22	32	54	9	5	0	1,7	48
Алтайское бархатное × Алтайское сладкое	12	17	42	17	24	0	2,4	43
Алтайское бархатное × Ранетка плодородная	20	45	40	10	5	0	1,5	47
Алтайское бархатное × Ранетка целинная	39	26	59	15	0	0	1,8	39
10-48-190 × Горноалтайское	15	13	60	27	0	0	2,1	65
10-48-190 × Пепинка алтайская	14	36	50	14	0	0	1,6	60