

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МИЧУРИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*На правах рукописи*

**СОЛОМАТИН**

**Николай Михайлович**

**ГЕНОФОНД ВЕГЕТАТИВНО РАЗМНОЖАЕМЫХ ФОРМ ЯБЛОНИ  
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СОРТИМЕНТА ПОДВОЕВ, СЫРЬЕВЫХ  
И ДЕКОРАТИВНЫХ СОРТОВ В УСЛОВИЯХ ЦЧР**

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

диссертация на соискание ученой степени  
доктора сельскохозяйственных наук

Научный консультант:  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор  
**Скрипников Юрий Георгиевич**

г. Мичуринск-наукоград 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	5
<b>ГЛАВА 1. СЕЛЕКЦИЯ СЛАБОРОСЛЫХ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ</b>	15
1.1. Происхождение клоновых подвоев яблони	15
1.2. Становление и развитие селекционной работы с клоновыми подвоями яблони в Мичуринском ГАУ	15
1.3. Результаты селекции слаборослых клоновых подвоев, полученные в нашей стране и за рубежом	26
1.4. Перспективы селекции подвоев яблони	41
<b>ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	44
2.1. Условия проведения исследований	44
2.2. Объекты и методы исследований	54
<b>ГЛАВА 3. СЕЛЕКЦИЯ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ НА ЗИМОСТОЙКОСТЬ</b>	58
3.1. Оценка зимостойкости слаборослых клоновых подвоев в полевых условиях	58
3.2. Оценка зимостойкости слаборослых клоновых подвоев яблони по результатам искусственного промораживания	66
<b>ГЛАВА 4. СЕЛЕКЦИЯ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ НА СДЕРЖАННЫЙ РОСТ (СЛАБОРОСЛОСТЬ)</b>	72
4.1. Особенности гормонального баланса у подвоев разной силы роста	72
4.2. Особенности распределения ассимилятов у подвоев разной силы роста	84
4.3. Диагностика силы роста подвоев яблони с помощью экспресс-методов	87
4.4. Источники и доноры слаборослости среди подвоев яблони	94
<b>ГЛАВА 5. СЕЛЕКЦИЯ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ НА СПОСОБНОСТЬ К УКОРЕНЕНИЮ</b>	99

5.1. Оценка укореняемости клоновых подвоев яблони в различных комбинациях скрещиваний	99
5.2. Оценка клоновых подвоев, как источников укореняемости по результатам изучения в конкурсном маточнике	105
<b>ГЛАВА 6. СЕЛЕКЦИЯ ПОДВОЕВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МАТОЧНЫХ КУСТОВ</b>	116
6.1. Оценка побегопроизводительности клоновых подвоев яблони в различных комбинациях скрещиваний	116
6.2. Оценка клоновых подвоев, как источников побегопроизводительности по результатам изучения в конкурсном маточнике	120
<b>ГЛАВА 7. СЕЛЕКЦИЯ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ОСНОВНЫМ БОЛЕЗНЯМ</b>	132
7.1 Оценка устойчивости клоновых подвоев яблони к мучнистой росе	132
7.2. Оценка устойчивости клоновых подвоев яблони к парше	138
<b>ГЛАВА 8. СХЕМА СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ</b>	141
8.1. Этапы и схема селекционного процесса	141
8.2. Модель сорта клонового подвоя яблони	145
<b>ГЛАВА 9. СЕЛЕКЦИЯ КРАСНОМЯКОТНЫХ СОРТОВ ЯБЛОНИ СЫРЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ</b>	148
9.1.Обоснование создания сортов с высоким содержанием БАВ	148
9.2. Продуктивность, укореняемость и зимостойкость красномякотных гибридов яблони	160
9.3. Органолептическая и химическая оценка плодов красномякотных гибридов яблони	164
9.4. Органолептическая и химическая оценка сока из плодов красномякотных гибридов яблони	169
9.5. Органолептическая и химическая оценка компота из плодов красномякотных гибридов яблони	173

9.6. Органолептическая и химическая оценка фруктовых чипсов из плодов красномякотных гибридов яблони	178
<b>ГЛАВА 10. СЕЛЕКЦИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ СОРТОВ ЯБЛОНИ</b>	184
10.1. Особенности яблони как декоративной культуры	184
10.2. Оценка декоративных качеств гибридов яблони	193
10.3. Оценка декоративных форм яблони на укореняемость, зимостойкость и устойчивость к болезням	200
<b>ГЛАВА 11. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ</b>	210
11.1. Экономическая эффективность производства подвоев в маточнике вертикальных отводков	210
11.2. Экономическая эффективность производства посадочного материала декоративных сортов яблони	211
11.3. Экономическая эффективность производства продуктов переработки из плодов красномякотных гибридов яблони	216
11.3.1. Экономическая эффективность производства сока прямого отжима	216
11.3.2. Экономическая эффективность производства компота из яблок	217
11.3.3. Экономическая эффективность производства яблочных чипсов	220
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	222
<b>Рекомендации производству и селекционерам</b>	226
<b>Список литературы</b>	228
<b>Приложения</b>	271
Приложение 1. Описание новых форм слаборослых клоновых подвоев яблони, включённых в Госреестр селекционных достижений РФ	271
Приложение 2. Авторские свидетельства на новые слаборослые клоновые подвои яблони	283
Приложение 3. Патенты на новые слаборослые подвои яблони	286
Приложение 4. Схемы происхождения подвоев	289
Приложение 5. Акты внедрения результатов исследований	300

## ВВЕДЕНИЕ

*«Надо творить, а не прозябать, в этом полнота  
жизни и настоящего счастья»*

*В.И. Будаговский*

Стратегической целью продовольственной безопасности России является обеспечение населения страны безопасной сельскохозяйственной продукцией и продовольствием. Гарантией ее достижения является стабильность внутреннего производства, а также наличие необходимых резервов и запасов.

Сохранение продовольственной безопасности государства невозможно без высокоразвитого сельского хозяйства. Садоводство является одной из важнейших отраслей сельского хозяйства, обеспечивающей население плодами и ягодами – незаменимыми источниками биологически активных соединений. Обеспечение населения в течение круглого года свежими плодами и ягодами, высококачественными продуктами переработки актуально при решении проблемы повышения качества жизни человека, его физического здоровья и здоровья нации в целом (Трунов, 2012; 2014).

Согласно доктрине продовольственной безопасности, уровень продуктовой самообеспеченности, включая фрукты и ягоды, должен составлять не менее 70%, что, в свою очередь, обуславливает импортозамещение – системную задачу, определяющую не только необходимость роста объемов производства, но, прежде всего, и собственное ресурсно-технологическое обеспечение его развития (Егоров, 2017).

На современном этапе отрасль садоводства не удовлетворяет потребности населения нашей страны в плодово-ягодной продукции. Из-за низких показателей собственного производства импорт плодов и ягод составляет 6,5 млн. т, и на его долю в формировании ресурсов фруктов в России приходится 73% (Куликов и др., 2017).

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO) (<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>), средняя урожайность яблони в 2013 году в России составила 8,4 т/га, в пяти странах – лидерах указанный показатель колебался в пределах 45,2-53,8 т/га. В Канаде, стране сходной по климатическим условиям с Россией, урожайность в данный период превышала 24,6 т/га.

Для преодоления зависимости от стран импортёров и обеспечения продовольственной безопасности по производству плодов садоводам России необходимо увеличить в ближайшие годы валовое производство плодов в 2,5 – 3 раза. Такую задачу можно успешно решать путем перевода всего промышленного садоводства страны на интенсивные высокопродуктивные типы садов на клоновых подвоях (Муханин и др., 2001; Дорошенко и др., 2006; Трунов, 2009)

**Актуальность исследований.** Слаборослый клоновый подвой является основным звеном в создании современных интенсивных плодовых насаждений. Обусловленное его гормональной системой комплексное влияние на привитый сорт невозможно полностью заменить никакими агроприёмами или агрохимикатами. В связи с этим, создание и комплексная оценка новых форм клоновых подвоев, ценных по комплексу признаков и отвечающих современным требованиям производства, приобретают ключевое значение для решения проблемы ускоренного импортозамещения плодовой продукции. Кроме того селекция новых форм сельскохозяйственных растений относится к теоретическим исследованиям повышающим эффективность научно-технологического развития АПК РФ, которые являются одним из пунктов перечня программ фундаментальных исследований РАН по приоритетным направлениям (<http://www.ras.ru/presidium/documents/directions.aspx> Постановления Президиума РАН).

Слаборослые клоновые подвои яблони, полученные в Мичуринском ГАУ в результате многолетней селекционной работы профессором В.И. Будаговским и его последователями успешно зарекомендовали себя как в садоводстве России,

так и ряда зарубежных стран (Будаговский, 1978; Коровин, 1980; Потапов, 2000; Верзилин и др., 2001; Трунов и др., 2007; Соломатин, 2017).

Их широкая адаптивная способность, обусловленная богатой наследственной основой, синтезирующей в себе свойства нескольких видов яблони, позволяет реализовывать им свой генетический потенциал в самых разных почвенно-климатических условиях.

Вместе с тем, необходимость селекционного улучшения и обновления сортимента подвоев продолжает оставаться актуальной, так как изменения экологических, антропогенных и климатических факторов, требования сельскохозяйственных производителей, а также эволюция растительных патогенов не стоят на месте.

В настоящее время назрела необходимость комплексной оценки созданного за многие годы генофонда вегетативно размножаемых форм яблони с целью выявления источников и доноров ценных признаков, анализа и синтеза полученных данных для разработки новых методологических подходов и усовершенствования отдельных этапов селекционного процесса клоновых подвоев яблони.

В процессе селекции подвоев был отобран ряд гибридов имеющих антоциановую окраску листьев и плодов, унаследованную ими от яблони Недзвецкого (*M. niedzwetzkyana* Dieck.). Некоторые из них, обладающие комплексом ценных признаков, могут быть использованы как сорта декоративной яблони в садово-парковом и ландшафтном строительстве, а также как сырьевые сорта для получения продуктов переработки с высоким содержанием антиоксидантов. Способность к вегетативному размножению (отводками, черенками), минуя окулировку, является их конкурентным преимуществом и могла бы существенно снизить затраты на закладку таких насаждений.

**Цель исследований:** комплексная оценка генофонда вегетативно размножаемых форм яблони, выделение лучших из них для использования в качестве клоновых подвоев, сырьевых и декоративных сортов.

**Задачи исследований:**

1. Изучить исходный материал и создать новые перспективные формы слаборослых клоновых подвоев, ценных по комплексу признаков;
2. Выделить из гибридного фонда вегетативно размножаемых форм яблони источники и доноры ценных признаков:
  - Укореняемости;
  - Зимостойкости;
  - Продуктивности (в маточнике);
  - Слаборослости;
  - Устойчивости к основным болезням;
3. Выделить из гибридного фонда формы яблони, сочетающие в одном генотипе способность к вегетативному размножению и высокое качество плодов;
4. Провести органолептический и химический анализ плодов вегетативно размножаемых форм яблони, перспективных для закладки сырьевых насаждений;
5. Обосновать использование красномякотных плодов яблони в технологии производства продуктов переработки с высоким содержанием БАВ;
6. Провести органолептический и химический анализ продуктов переработки из плодов вегетативно размножаемых краснолистных форм яблони и выделить наиболее перспективные из них;
7. Провести оценку гибридного фонда на декоративные качества и выделить перспективные формы яблони для использования в садово-парковом и ландшафтном строительстве.

**Объекты исследования.** Объекты исследования – вегетативно размножаемые формы яблони в адвентивно-гибридном и конкурсном маточнике, питомнике, а также гибридном саду.

**Предмет исследований.** Выявление селекционной ценности генетических ресурсов, особенности наследования хозяйственно-биологических признаков для совершенствования процесса создания новых генотипов слаборослых клоновых подвоев, сырьевых и декоративных сортов яблони.

**Методология и методы исследований** основаны на комплексном подходе и общепризнанных методиках, применяемых в селекции плодовых культур. Используются полевые и лабораторные методы селекции и сортоизучения подвоев яблони, в том числе фенологические, морфологические, физиологические, биохимические; гибридологический, а также сравнительный анализ полученных данных с применением генетико-статистических методов.

**Научная новизна.** Расширено генетическое разнообразие исходного селекционного материала вегетативно размножаемых форм яблони при проведении селекции подвоев, сырьевых и декоративных сортов яблони.

Доказана эффективность использования анатомо-морфологических показателей (длины корневых волосков, отношения площади коры к площади древесины в корнях, количества устьиц на единицу площади листовой пластинки) для ранней диагностики признака слаборослости в ускорении селекционного процесса создания новых форм слаборослых клоновых подвоев яблони.

Установлены достоверные различия у подвоев разной силы роста по содержанию цитокининов в корневой системе и надземной части.

Доказано, что под влиянием обработки экзогенным гиббереллином у карликовых подвоев происходит более интенсивный отток ассимилятов на формирование коры, и почти вдвое увеличивается листовая поверхность; у более сильнорослых подвоев преимущественно нарастает древесина, прирост листовой поверхности слабее, чем у карликов.

Впервые предложена схема селекционного процесса клоновых подвоев яблони с использованием этапа отбора по укореняемости в адвентивно-гибридном маточнике.

Предложена модель сорта клонового подвоя для условий ЦЧР.

Выявлено более 50 источников и доноров признаков укореняемости, слаборослости, высокой зимостойкости надземной части и корневой системы, побегопроизводительности, устойчивости к парше и мучнистой росе.

Выделены 2 карликовых (76-3-6, 83-1-15) и 1 полукарликовый (87-7-12) подвой яблони, которые включены в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации. Научная новизна авторских разработок подтверждена тремя патентами и тремя авторскими свидетельствами.

#### **Теоретическая значимость работы.**

Получены новые знания в области биологии и частной селекции яблони.

Установлены достоверные различия в гормональном балансе, распределении продуктов фотосинтеза, анатомо-морфологическом строении клоновых подвоев яблони в связи с их силой роста.

Проведён анализ наследования признаков «степень укоренения», «побегопроизводительность» и «сила роста» у клоновых подвоев яблони.

Проведён анализ химического состава плодов новых красномякотных гибридов яблони и продуктов их переработки (сок, компот, чипсы).

Разработаны новые методические подходы для совершенствования и ускорения селекционного процесса у клоновых подвоев яблони.

#### **Практическая значимость исследований.**

Выделены новые источники и доноры ценных признаков для практической селекции в целях создания новых подвоев, сырьевых и декоративных сортов яблони.

Созданы новые формы подвоев, сырьевых и декоративных сортов яблони, которые рекомендованы для использования в современных интенсивных производственных насаждениях, а также садово-парковом и ландшафтном строительстве.

Для практического использования в перерабатывающей промышленности апробирован и рекомендован новый вид сырья (плоды красномякотных гибридов яблони), из которого изготовлены образцы продукции (сок, компот, фруктовые чипсы) с высоким содержанием антиоксидантов.

Новые клоновые подвои, а также перспективные формы декоративных и красномякотных гибридов характеризуются высокой экономической эффективностью и переданы для дальнейшего изучения и использования в

такие сельскохозяйственные предприятия, как ФГУП «Мичуринское», ИП «Бочков» Тамбовской области, ООО «Красинское» Воронежской области, КФХ «Вейделевский сад» Белгородской области, ОАО «Сад-Гигант» Краснодарского края.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Разработка и обоснование схемы селекционного процесса клоновых подвоев яблони.
2. Выделение источников и доноров основных хозяйственно-полезных признаков для дальнейшего использования в селекции клоновых подвоев яблони для повышения её результативности.
3. Обоснование использования ценных по комплексу признаков красномякотных гибридов яблони в качестве сырья для производства ценных по биохимическому составу продуктов переработки и применения в качестве декоративных сортов в садово-парковом и ландшафтном строительстве.
4. Апробирование и усовершенствование экспресс-методов ранней диагностики силы роста подвоев яблони, с целью ускорения селекционного процесса.
5. Создание новых клоновых подвоев, сырьевых и декоративных сортов яблони и экономическая эффективность производства их корнесобственного посадочного материала и продуктов переработки.

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном участии на всех этапах проведения исследований: анализ научной литературы, выполнение комплексных и лабораторных исследований, обработка и обобщение результатов экспериментальных данных, теоретическое обоснование, разработка и усовершенствование методических подходов в процессе селекции клоновых подвоев, сырьевых и декоративных сортов яблони.

Участие и помощь сотрудников ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» и других учреждений отражены в совместных научных публикациях.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения и результаты диссертационной работы доложены на областных, всероссийских и международных научно-практических конференциях:

- Международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов» (Москва, 2000 г.);
- Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 145-летию со дня рождения И.В. Мичурина и 90-летию проф. В.И. Будаговского (Мичуринск, 2000 г.);
- VI Международной научно-практической конференции «Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения» (Белгород, 2002 г.);
- Всероссийской научно-практической конференции «Повышение эффективности садоводства в современных условиях» (Мичуринск, 2003 г.);
- Международной научно-практической конференции «Мобилизация адаптивного потенциала садовых растений в динамичных условиях внешней среды» (Москва 2004 г.);
- Научно-практической конференции «Роль науки в повышении устойчивости функционирования АПК Тамбовской области» (Мичуринск, 2004 г.);
- Международной научно-практической конференции «Развитие наследия И.В. Мичурина и подготовка кадров» (Мичуринск, 2005 г.);
- Научно-практической конференции «Состояние растений после зимы 2005/2006 г.г. и проблемы зимостойкости» (Москва, 2006 г.);
- Всероссийской научно-практической конференции посвященной 130-летию со дня рождения профессора С.Ф. Черненко (Мичуринск, 2007 г.);
- Всероссийской научно-методической конференции молодых учёных «Актуальные проблемы садоводства в России и пути их решения» (Орёл, 2007 г.);

- Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных «Вклад молодых учёных в отраслевую науку с учётом современных тенденций развития АПК» (Москва, 2008 г.);
- Научно-практической конференции «Научно-практические достижения и инновационные пути развития производства продукции садоводства для улучшения структуры питания и здоровья человека» (Мичуринск, 2008 г.);
- Международной научно-практической конференции «Методы изучения продукционного процесса растений и фитоценозов» (Нальчик, 2009 г.);
- Международной научно-практической конференции, посвящённой 75-летию со дня рождения лауреата Государственной премии РФ, заслуженного деятеля науки профессора В.А. Потапова (Мичуринск, 2009 г.);
- Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодёжи «Проведение научных исследований в области сельскохозяйственных наук» (Мичуринск, 2009 г.);
- Международной научно-практической конференции, посвящённой 35-летию ФГОУ ВПО «Смоленская ГСХА» (Смоленск, 2010 г.);
- Международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора В.И. Будаговского (Мичуринск, 2011 г.);
- Международной научно-практической конференции «Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения» (Белгород, 2012 г.)
- Международной научной конференции «Актуальные проблемы интенсификации плодоводства в современных условиях» (Самохваловичи, 2013 г.)
- Международной научно-практической конференции «Современное состояние питомниководства и инновационные основы его развития», посвящённая 100-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук С.Н. Степанова (Мичуринск, 2015 г.)

- Международной научно-практической конференции, посвящённой 170-летию ВНИИСПК «Конкурентоспособные сорта и технологии для высокоэффективного садоводства» (Орел, 2015 г.)
- Международной научной конференции «Плодоводство Беларуси: Традиции и современность», посвящённой 90-летию образования РУП «Институт плодоводства» (Самохваловичи, 2015 г.);
- Международной научно-практической конференции «Агротехнологические процессы в рамках импортозамещения», посвящённой 85-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы РФ, доктора с.-х. наук, профессора Ю.Г. Скрипникова (Мичуринск, 2016 г.);
- Международной научно-практической конференции «Генетические основы селекции сельскохозяйственных культур», посвящённой памяти академика РАН, доктора с.-х. наук, профессора Н.И. Савельева (Мичуринск, 2017 г.).

**Публикации материалов исследований.** По материалам диссертации опубликовано 54 научных работы, в том числе: 15 статей в научных изданиях, рекомендуемых ВАК РФ. Общий объем публикаций 20,4 печатных листа.

Получено 3 патента и 3 авторских свидетельства на новые сорта подвоев яблони.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 11 глав, заключения, рекомендаций для производства и селекции, списка литературы и приложений. Объем работы составляет 304 страницы текста, включает 49 рисунков, 52 таблицы, 5 приложений, библиографические ссылки на 279 отечественных и 120 иностранных источников.

# ГЛАВА 1. СЕЛЕКЦИЯ СЛАБОРОСЛЫХ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ

## 1.1. Происхождение клоновых подвоев яблони

Издавна при размножении плодовых деревьев применяют два компонента: хорошо укореняемый подвой и дающий качественные плоды привой. Это связано с тем, что большинство сортов основных семечковых и косточковых культур или трудноразмножаемы, или неспособны размножаться отводками и черенками, в отличие от большинства ягодных культур. Подвой, по выражению И.В. Мичурина (1948) служит «фундаментом» плодового дерева, и, как добавляет Ю.Л. Кудасов (1964), «живым фундаментом».

Подвои могут быть семенными и клоновыми. В современном садоводстве главную роль играют клоновые подвои, которые, в отличие от семенных, способны давать однородные по габаритам и, в большинстве случаев, слаборослые и скороплодные деревья. А именно однородность, скороплодность и слаборослость делают такие деревья пригодными для закладки интенсивных насаждений. Считается, что подвои используются пловодами уже более 2000 лет (Webster et al., 2003). Прививка яблони на клоновые подвои (парадизки и дусены) с целью получения деревьев компактного размера упоминается в источниках XVI - XVII века во Франции (Будаговский, 1959). К 1912 году на Ист-Моллингской опытной станции (Англия) Хеттоном совместно с Амосом и Виттом была собрана обширная коллекция клонов различных подвоев со всей Европы. После проведения апробации и отбраковки примесей было идентифицировано и выделено 16 типов клоновых подвоев яблони. В дальнейшем для них было принято обозначение М с соответствующим номером (Татаринов, 1988; Brown, 1993; Webster et al., 2002). В коллекции были представлены подвои всех групп роста, от карликовых (М9, М8) до сильнорослых (М1, М16).

Долгое время оставался невыясненным вопрос о происхождении клоновых подвоев яблони. Ботаники XVIII-XIX веков (Паллас, Кох и др.) считали, что парадизка родом с Поволжья (Будаговский, 1947). В качестве регионов их происхождения высказывались и другие предположения (Западная Европа, Кавказ и др.), но веских аргументов не приводилось, и эти заключения носили общий характер.

Теория происхождения карликовых подвоев была достаточно чётко сформулирована и аргументированно доказана В.И. Будаговским (1947, 1957, 1959).

В 30-е годы XX века в Плодоовощном институте им. И.В. Мичурина В.И. Будаговским была начата селекционная работа по выведению зимостойких слаборослых клоновых подвоев яблони. Подавляющее большинство из имеющихся на тот момент клоновых подвоев не обладало достаточной зимостойкостью для центральной части Советского Союза и сады на них могли возделываться только в южных регионах страны. По мнению В.И. Будаговского (1957) «выяснение вопроса о происхождении карликовых подвоев позволит увереннее работать над проблемой создания новых более совершенных подвойных форм».

В Закавказье им были обнаружены и описаны культивируемые местным населением вегетативно размножаемые карликовые яблони: в Грузии – Хомандули, в Армении – Марга Хндзор, в Дагестане и Азербайджане – Дипчек Алма (Дипчек Алмасы). После детального изучения закавказских яблонь обнаружилось их практически полное сходство с Ист-Моллингскими подвоями, карликовыми - М8 и М9, и полукарликовыми - М2 и М5 (Будаговский, 1957, 1959). В.И. Будаговский считал, что карликовые яблони Закавказья и Передней Азии в античные времена попали в Грецию, а позднее в Римскую Империю в результате походов Александра Македонского. Вначале их размножали ради плодов, как корнесобственные сорта, о чём имеются упоминания в работах Теофраста (IV век до н.э.), а в дальнейшем, с распространением по Европе, их стали использовать как подвои для создания карликовых деревьев. В 1507 г.

французская парадизка (М8) была описана Дальшэном как подвой (Будаговский, 1947).

Вместе с тем, В.И. Будаговский считал, что подвой М3 (остролистный дусен) имеет иное происхождение чем М9 и М8 и, возможно, происходит из Западной Европы (Будаговский, 1947).

Парадизки (карликовые подвои) и дусены (полукарликовые подвои) традиционно относили к подвидам яблони низкой *Malus pumila* var. *paradisiaca* и *Malus pumila* var. *praexox*, соответственно.

Вместе с тем, многие систематики понимали, что конкретного вида яблони низкой нет, поэтому они часто и группировали карликовые формы и разновидности в сборный вид *Malus pumila* (Пономаренко В.В., Пономаренко К.В., 2011).

Многие западноевропейские и американские исследователи по-прежнему выделяют его в самостоятельный вид, а российские монографы считают эту яблоню одичавшей домашней яблоней (Козловская, 2015).

В.В. Пономаренко (2011) относит карликовые яблони Закавказья (Хомандули, Марга Хндзор и др.), иранскую Себи Меджлис и болгарскую Эр Алма к окультуренным формам яблони восточной (*Malus orientalis*).

Это отчасти подтверждается исследованиями Wagner I. и Weeden N.F. (2000). При сравнении изоферментов *M. sylvestris*, *M. sieversii*, *M. orientalis* и *M. pumila* была установлена генетическая близость культурных сортов с видом *M. sieversii*, а *M. pumila* ближе всего к виду *M. orientalis* (Wagner et al., 2000).

З.А. Козловская (2015), проанализировав эволюционную историю развития яблони и новейшие результаты идентификации её видов, полагает, что основным родоначальным видом карликовых подвоев является яблоня Туркменов (*Malus turkmenorum*), к которой относится, в том числе, описанная Н.Г. Жучковым (1936) Баба-Арабская яблоня.

Кроме яблони низкой (*Malus pumila*) и яблони Туркменов (*Malus turkmenorum*) карликовые и полукарликовые формы описаны и у других видов рода *Malus*. Это яблоня сибирская (*Malus baccata*), яблоня Сиверса (*Malus*

*sieversii*), яблоня Жуковского (*Malus manshurica* subsp. *zhukovskyi* Ponom.), яблоня Комарова (*Malus komarovii*), яблоня Зибольда (*Malus sieboldii*), яблоня Саржента (*Malus sargentii*) (Пономаренко, 1979, 1992, 2009, 2013; Лангенфельд, 1991).

Наличие слаборослых форм у многих видов яблони из разных географических регионов показывает, что процесс возникновения карликовых растений не является исключительной принадлежностью какого-то одного вида, а свойственен многим видам рода *Malus*. Это подтверждает и закон гомологических рядов Н.И. Вавилова о проявлении сходственности рядов наследственной изменчивости близких родов и видов.

По мнению В.В. Пономаренко (2011), в происхождении вегетативно размножаемых подвоев принимали участие формы и разновидности многих дикорастущих видов яблони, которые использовались в садоводстве с древнейших времён.

## **1.2. Становление и развитие селекционной работы с клоновыми подвоями яблони в Мичуринском ГАУ**

Впервые клоновые подвои начали завозить в Россию в середине XIX века. Первые промышленные сады на слаборослых подвоях начали закладывать в южных регионах в 70-е годы XIX века (Попов, 1964).

В дореволюционный период с карликовыми и полукарликовыми подвоями успешно проводили работу Сочинская и Салгирская опытные станции, Никитский ботанический сад, Уманское училище садоводства (Будаговский, 1959). В начале XX столетия в России начали закладывать маточники для вегетативного размножения карликовых подвоев: в селе Млеево Киевской губернии (плодовый питомник Л.П. Симиренко) в 1898 году, в Одессе в 1900 г., в с. Скра в Грузии в 1902 г., в Бессарабии в с. Вертюжаны, в плодовом питомнике «Союз», плодовом питомнике К.Д. Эверт в г. Вознесенске в 1909 г., в г. Липецке, в плодовом питомнике Д.В. Косолапова, в 1910 г. (Марголин, 1959).

Одними из первых опытные насаждения на карликовых подвоях были заложены в 1909 году Р.Р. Шредером на опытной станции под Ташкентом, в дальнейшем НИИ садоводства, виноградарства и виноделия им. Р.Р. Шредера (Афанасьев, 1973).

Большое значение карликовым подвоям придавал И.В. Мичурин: «Прежде старались выводить могучие, высокорослые плодовые растения. А практика показала, что нужны скороспелые карлики, пригодные для механизации, ухода и уборки. Этому требует современное крупное садоводство» (Мичурин, 1948). Он же и первым в России начал работу по селекции слаборослых клоновых подвоев, обосновывая это тем, что «Выносливых подвоев для карликовой культуры яблонь в средней и северной полосах России нет. Южные же сорта карликовых подвоев парадизки, дусена и других, в этих местностях маловыносливы и часто в суровые зимы, когда земля промерзает на глубину более метра, эти подвои совершенно вымерзают» (Мичурин, 1948).

С целью выведения зимостойкого карликового подвоя для яблонь И.В. Мичурин в 1901 году провёл скрещивание китайки (*Malus prunifolia*) с английской широколистной парадизкой (M1) (Мичурин, 1948).

Полученный подвой - Парадизка Мичуринская отличался высокой зимостойкостью, но оказался сильнорослым, и плохо размножался вегетативно, поэтому широкого распространения не получил (Будаговский, 1948).

Наиболее последовательная и, как показало время, самая результативная работа по селекции слаборослых клоновых подвоев яблони была начата в 30-х годах XX века на кафедре плодоводства Плодоовощного института им. И.В. Мичурина В.И. Будаговским. Изучив коллекцию клоновых подвоев, собранную его научным руководителем, профессором Н.Г. Жучковым, а также зимостойкость клоновых подвоев на опорных пунктах Орла, Смоленска, на плодовой станции ТСХА в Москве, проведя апробацию и обследование насаждений в питомниках юга нашей страны, он пришёл к выводу, что «в практике мирового плодоводства нет карликовых подвоев, которые по зимостойкости могли бы успешно расти в средней зоне СССР. Следовательно,

путём интродукции нельзя разрешить эту проблему. Остаётся единственная возможность – создание новых карликовых подвоев для средней зоны селекционным путём. Этот путь длителен, но верен» (Будаговский, 1955).

Попытка в 1937 году получить хорошо укореняемые сеянцы от свободного опыления Аниса полосатого, Антоновки обыкновенной, дикой лесной яблони и китайки, а также Парадизки Мичуринской, не привела к положительным результатам, и в 1938 году В.И. Будаговский перешёл к направленным скрещиваниям.

В 1938 году он провёл гибридизацию с использованием в качестве материнской формы карликовый подвой М8, который послужил донором карликовости и хорошей укореняемости. В качестве отцовского компонента были использованы крупноплодная форма китайки (так называемая китайка-мать) и сорта И.В. Мичурина Красный штандарт и Таёжное. Сорт Красный штандарт [Пепин шафранный (Ренет орлеанский х гибрид (Пепинка литовская х *Malus prunifolia*)) х Рубиновое (*Malus niedzwetskiana* х Антоновка обыкновенная)] отличается зимостойкостью, а также имеет красную пигментацию листьев и плодов, унаследованную им от яблони Недзвецкого.

Сорт Таёжное (Кандиль-китайка (Кандиль-синап х *Malus prunifolia*) х *Malus baccata*) один из самых зимостойких сортов И.В. Мичурина. Он склонен к вегетативному размножению и отличается высокой скороплодностью. Однолетки Таёжного в питомнике обильно цветут и дают урожай (Будаговский, 1946, 1955).

Таким образом, В.И. Будаговский уже на первых этапах селекции подвоев использовал комплексные доноры, объединявшие свойства трёх видов яблони, что значительно увеличило размах изменчивости в потомстве по хозяйственно-ценным признакам и обеспечило успех в получении новых гибридов, сочетающих в себе необходимые качества.

Полученные гибриды прошли комплексную оценку на зимостойкость, укореняемость, силу роста, устойчивость к болезням. Из них было выделено 2

перспективных подвоя - №9 (М8 х Красный штандарт) и №13-14 (М8 х Таёжное).

Полукарликовый подвой 13-14 имел очень высокую зимостойкость, но из-за недостаточно хорошей укореняемости и плохой совместимости с некоторыми сортами, широкого распространения как подвой не получил, вместе с тем, вполне успешно использовался В.И. Будаговским как исходная форма в селекции.

Карликовый подвой №9 (Парадизка Будаговского, ПБ, В9) использовался более широко, в том числе и для закладки промышленных садов. Он и поныне остаётся наиболее популярным и распространённым в мире из подвоев полученных В.И. Будаговским.

Деревья на ПБ имеют карликовую силу роста (как на М9 или чуть слабее), высокопродуктивны, подвой устойчив к корневой гнили (*Phytophthora cactorum*), морозостойкость корневой системы до минус 13°C, имеет красную пигментацию листьев и побегов, но очень посредственно укореняется в маточнике. По свидетельству В.И. Будаговского (1978), поначалу этот подвой укоренялся вполне удовлетворительно, но в дальнейшем такая способность снизилась. По мнению С.Н. Степанова (1981), это связано с тем, что для ускоренного размножения с помощью окулировки и последующего окуливания отрастающих побегов, черенки Парадизки Будаговского нередко брали не в маточнике клоновых подвоев, а со взрослых корнесобственных деревьев. Укореняемость побегов, полученных таким путём значительно ниже, так как они взяты с онтогенетически более старых растений с изменившимся гормональным балансом и всем комплексом обменных процессов, по сравнению со стадийно молодыми растениями.

Для сохранения хорошей способности к вегетативному размножению, растение необходимо искусственно поддерживать в стадии ювенильности (отводочные и черенковые маточники) путём сильной обрезки, или полной срезки надземной части (Иванова, 1982).

Унаследовав от Красного штандарта антоциановую окраску, подвой ПБ стал родоначальником целой серии краснолистных подвоев, полученных В.И. Будаговским и его последователями на кафедре плодоводства в Мичуринске (54-118, 57-490, 57-491, 62-396, 76-3-6, МБ, 98-7-77 и др.), Е.З. Савиным в Оренбуржье (Урал 5, Урал 8, Урал 11), в Польском институте садоводства в Скерневицах (Р59, Р60). С краснолиственными подвоями работать в питомнике удобнее, чем с зеленолиственными, например, при удалении поросли и т.д. Это свойство получило высокую оценку среди плодоводов многих стран мира.

С 1948 по 1960 год в основном проводились повторные скрещивания ПБ х 13-14, а также ПБ и 13-14 с культурными сортами Налив алый, Июльское, Победа, Богатырь, Боровинка, Розовое превосходное и др. Наиболее результативной была серия 1957 года гибридизации, когда из семьи ПБ х 13-14 было выделено много перспективных гибридов, ставших впоследствии известными клоновыми подвоями: 57-233, 57-257, 57-476, 57-491, 57-545, 57-490, 57-476 и др. Они отличались комплексом ценных признаков, прежде всего морозостойкостью корневой системы до  $-16^{\circ}\text{C}$ .

Гибриды ПБ с Наливом алым, Июльским и Победой стали перспективными формами для дальнейшей селекционной работы при получении гибридов 70-х и последующих годов (58-238, 57-344, 57-366, 58-199 (ПБ х Налив алый)), 57-157, 57-93 (Июльское х ПБ), 58-257 (13-14 х Победа) (Будаговский, 1978; Коровин, 1980).

В 60-е годы проводили повторные скрещивания, как с участием первых подвоев (ПБ и 13-14), так и с гибридами 1948-1957 г.г. Кроме того, использовался подвой МЗ, как наиболее зимостойкая форма из серии М, а также североамериканский сорт Анока, полученный при участии Яблони Айовской (*Malus ioensis*). Сорт Анока высокозимостоек, скороплоден, при хорошем уходе на маточной плантации побеги могут образовывать придаточные корни (Будаговский, 1948; Веняминов и др., 1953).

Из гибридной комбинации Анока х ПБ были выделены перспективные подвои 62-14, 62-233, 62-272. Впоследствии полукарликовый подвой 62-223 был

включен в Госреестр селекционных достижений РФ и характеризуется как один из самых зимостойких (Верзилин и др., 2001; Трунов и др., 2007).

В скрещивания 60-х годов привлекались и видовые формы, такие как Яблоня сибирская (*Malus baccata*), Яблоня Недзвецкого (*Malus niedzwetskiana*), различные формы китаек (*Malus prunifolia*), сорта Богатырь, Антоновка обыкновенная, Налив алый, Хомандули и др. Наиболее известные, изученные в дальнейшем, и «дожившие до наших дней», это подвой 69-6-217 (ПБ х китайка розовая), отличающийся карликовым ростом и хорошей укореняемостью, а также 69-21-5 (китайка красная поздняя х 57-344) - среднерослый подвой, отличающийся очень высокой зимостойкостью и побегопроизводительностью (Филиппова, 1989; Гусева, 1997). Подвой 69-6-217 рекомендуется для широкого производственного испытания на Украине (Дядченко, 2003).

В гибридных комбинациях 1970-71 годов участвовали гибриды 50-х годов, ПБ, а также Яблоня сибирская (*Malus baccata*). Лучшие из 1970-х: 70-6-8 (54-83 х 57-344), зеленолиственный полукарлик с ровными эластичными побегами; занимающий промежуточное положение между карликами и полукарликами; 70-20-21 (57-469 х 57-344), отличающийся отличной укореняемостью, неломкими побегами и высокой продуктивностью деревьев в саду. Кроме них, это гибрид 70-20-4 (57-469 х 57-344), имеющий декоративное значение за свою полуплакучую форму кроны, а также набирающий популярность в последнее время среднерослый подвой 70-20-20 (57-469 х 57-344). Он может быть перспективен для выращивания слаборастущих сортов в садах без опор, а также для сортов декоративной яблони, прививаемых на высокий штамб (от 1,5 м и выше).

Наиболее результативной гибридной комбинацией 1971 года оказалась 58-257 х ПБ. Из неё было выделено и изучалось в маточнике более 20 перспективных гибридов (Филиппова, 1989). Лучшие из них по комплексу признаков, это 71-3-150, 71-3-195, 71-3-337. Подвой 71-3-150 районирован в РФ с 90-х годов, а подвой 71-3-195 районирован в республике Беларусь с 2000-х. По данным Рябцевой Т.В. (2015), в условиях Беларуси деревья сорта Чаравница

имели наибольшую урожайность на этом подвое, по сравнению с деревьями на других изучаемых подвоях.

Карликовый зеленолиственный зимостойкий подвой 71-7-22 (57-531 x 57-233) рекомендуется для широкого производственного испытания (Суворов, 2001).

С 1973 по 1976 годы в гибридизацию были привлечены интродуцированные подвои А2, М9, М26, М27, ММ106. Кроме того, использовалась Яблоня Зибольда (*Malus sieboldii*), некоторые формы китаек, ПБ и подвои 50-х годов гибридизации. Особенно «урожайными» были 1975 и 1976 годы, когда было получено много перспективных гибридов. С лучшими из них ведётся работа и по настоящее время (Соломатин и др., 2011).

Карликовый подвой 76-6-6 (57-344 x 57-490), названный впоследствии Малыш Будаговского, был включён в Госреестр селекционных достижений РФ в 2000 году (Верзилин и др., 2001), карликовый подвой 76-3-6 (М27 x ПБ) был районирован в 2012 году (Соломатин и др., 2012).

В 80-е годы был проведён большой объём скрещиваний лучших гибридов 50-60-х годов с культурными сортами: Антоновкой обыкновенной, Антоновкой новой, Боровинкой ананасной, Папировкой, Жигулёвским, Уэлси, Чулановкой и др. Была получена серия гибридов с преобладанием признаков, характерных для культурных сортов (Гусева, 1997). К сожалению, большинство из них обладало недостаточной способностью к окоренению (Соломатин, Борзых и др., 2007). Впоследствии, лучшие из этих форм были использованы для гибридизации в начале 2000-х годов (Соломатин, Федорченко и др., 2007).

Кроме того, продолжались повторные скрещивания между лучшими гибридами предыдущих лет, некоторыми видовыми формами (Яблоня Зибольда, Яблоня *Zumi*), а также подвоями селекции С.Н. Степанова (3-4-98, 3-3-35 и др.).

В 2012 году в Госреестр селекционных достижений было включено 2 подвоя из серии 80-х годов: карликовый 83-1-15 (64-143 x 54-118) и полукарликовый 87-7-12 (54-118 x ПБ) (Соломатин и др., 2012).

Таким образом, в результате многолетней селекционной работы профессором В.И. Будаговским и его последователями были получены

слаборослые клоновые подвои яблони с морозостойкостью корневой системы до минус 16 - 18 °С, что позволило создать промышленные слаборослые интенсивные насаждения яблони в Центральной России и других регионах с холодным климатом (Будаговский, 1978; Коровин, 1980; Потапов, 2000; Верзилин и др., 2001; Трунов и др., 2007; Соломатин и др., 2012).

Подвои В9, 62-396, 54-118, 57-491, 57-545 и другие прошли широкое производственное испытание как в России, так и далеко за её пределами и везде получали высокую оценку. Вместе с тем, изменение экологической обстановки, влияние абиотических и биотических факторов, а также меняющиеся требования со стороны производителей плодов диктуют селекционерам всё новые и новые условия и заставляют их продолжать создавать всё более совершенные формы подвоев.

В настоящее время селекционную работу с подвоями продолжает вести коллектив сотрудников лаборатории селекции слаборослых клоновых подвоев Мичуринского ГАУ.

В качестве исходного материала используются лучшие по комплексу признаков подвойные формы, полученные в лаборатории за последние 50 лет. Их богатая наследственная основа, (9 видов яблони, около 30 сортов, 8 подвоев отечественного и зарубежного происхождения), даёт возможность получать потомство с достаточно широким размахом изменчивости по всему спектру «подвойных» признаков (укореняемости, зимостойкости, продуктивности, устойчивости к патогенам и т.д.). Кроме того, в селекционный процесс вовлекаются и ранее не используемые или малоиспользуемые виды и сорта яблони, являющиеся источниками и донорами ценных признаков. Это виды яблони: *Malus sargentii* (устойчивость к парше, мучнистой росе, засолению), *Malus sieboldii* (устойчивость к парше, засолению), *Malus zumi* (устойчивость к мучнистой росе, красногалловой тле), *Malus micromalus* (устойчивость к парше); сорта яблони селекции ВНИИСПК, иммунные к парше (Строевское, Веняминовское, Кандиль Орловский и др.) (Соломатин и др., 2013).

В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации включено 20 подвоев селекции Мичуринского ГАУ:

карликовые: 57-257, 57-476, 60-160, 62-396, 57-366, 57-491, Парадизка Будаговского (ПБ, В9), Малыш Будаговского (МБ), 76-3-6, 83-1-15;

полукарликовые: 54-118, 57-545, 58-238, 60-164, 62-223, 71-3-150, 67-5(32);

среднерослые: 57-233, 57-490, 87-7-12 (Гос. реестр сел. достижений РФ, 2017).

### **1.3. Результаты селекции слаборослых клоновых подвоев, полученные в нашей стране и за рубежом**

Кроме В.И. Будаговского и сотрудников его научной школы селекцией клоновых подвоев занимались и ряд других исследователей.

С.Н. Степановым во ВНИИС им. И.В. Мичурина была получена серия зимостойких клоновых подвоев в результате следующих гибридных комбинаций и отбора от свободного опыления: Ранетка пурпуровая х М9, Яблоня сибирская х М4, яблоня сибирская х М9, Райка красная Копылова х М9, №6 х смесь пыльцы сибирских сортов, свободное опыление ПБ и 13-14 (Степанов, 1978; Иванова, 1994).

К сожалению, большинство из них, обладая выдающейся зимостойкостью, имело недостаточную способность к вегетативному размножению и используется в настоящее время лишь в качестве интеркалярных вставок (Вехов и др., 2003; Вехов, 2005; Седов и др., 2009).

И.А. Ивановой (1994) по комплексу ценных признаков были выделены подвои 3-4-98, 3-5-44, 3-3-72 и 2-46-77 (как интеркаляры) и 3-17-38, 3-3-3, и 2-46-43 (как корнесобственные).

В настоящее время в отводочном маточнике ВНИИС им. И.В. Мичурина изучается форма 3-17-38, которая, по сравнению с другими подвоями, имеющимися в коллекции (подвои селекции Мичуринского ГАУ и

польскими), укореняется недостаточно хорошо (Каплин, 2010). Видимо и другие «степановские» подвои, рекомендованные И.А. Ивановой для размножения отводками в маточнике, недостаточно хорошо укоренялись, что впоследствии обусловило их постепенную отбраковку.

Большую работу по изучению подвоев С.Н. Степанова в качестве вставок провели сотрудники ВНИИСПК (Вехов, 2005, 2009; Седов и др., 2009).

В настоящее время во ВНИИСПК проходят изучение новые формы подвоев селекции этого института, рекомендуемые в качестве вставок, которые получены в результате гибридизации лучших форм С.Н. Степанова (3-4-98, 3-3-72 и др.), а также сорта Грушовка московская с польским суперкарликовым подвоем Р22. Наиболее перспективными, после их оценки в саду, являются карликовые формы 27-2-149 (3-4-98 x Р22) и 27-7-115 (Грушовка Московская x Р22). Среди полукарликовых наиболее продуктивными в саду оказались 27-26-138 и 27-4-156 (3-4-98 x Р22), а также 27-3-142 (Грушовка московская x Р22) (Седов и др., 2015).

П.С. Бережным на Донецкой опытной станции садоводства в 50-е –70-е годы XX века были получены новые клоновые подвои. В качестве исходного материала им использовались подвои М4, М9, А2, *Malusprunifolia*, *Malusbaccata*, сорта Северный разведчик, Красный штандарт, Мелба, Анис полосатый, Грушовка московская, Папировка, Боровинка, Ренет курский, Яндыковское, Уэлси, Мекинтош, Джонатан, Голдспур, Старкримсон, Антоновка каменичка и др.

В результате изучения в маточнике, питомнике и саду, лучшими оказались Д 471, Д 478, Д 393 (М4 x Красный штандарт). По укореняемости и силе роста они близки к М4, но по зимостойкости и адаптивности превосходят его (Бережной П.С., 1981). В Донбассе и других областях на востоке Украины рекомендованы для широкого производственного испытания подвои: карликовый Д 1071 (М9 x Анис полосатый), полукарликовый Д 1161 (Китайка №8 x М9) и среднерослый Д 471 (М4 x Красный штандарт) (Татаринев, 1988).

В настоящее время подвои этой серии мало распространены. Они изучаются в коллекциях институтов и опытных станций в основном на Украине и в Крыму (Шарко, 2013; Танкевич, 2013).

Большая селекционная работа с клоновыми подвоями была проведена А.Н. Сердюковым на Ленинградской плодовоовощной опытной станции (Сердюков, 1987).

Им были получены слаборослые клоновые подвои, отличающиеся более высокой адаптивностью к почвенно-климатическим условиям Северо-Запада России. Лучшие из них: Парадизка Сердюкова (ПБ x *Malus prunifolia*), С 67-19 (ПБ x св.оп.), С 15-27 (Чулановка x ПБ) – карликовой силы роста; С79-1 (ПБ x Непобедимая Грелля) – полукарликовой силы роста (Сердюков, 1987).

Апоян Л.А. в условиях Армении были получены клоновые подвои Арм 9, Арм 10, Арм 18 (Апоян, 1966). Наиболее известный из них - карликовый подвой Арм 18 (М9 x св. оп.). Он имеет очень высокий выход отводков в маточнике, хорошо укореняется, но даёт много поросли в саду (Карычев, 1997; Карычев и др. 2005; Жабровский, 2004; Косицын и др., 2012).

Е.З. Савиным в условиях Оренбургской области путём посева семян от свободного опыления подвоев В.И. Будаговского, выведены слаборослые клоновые подвои яблони, отличающиеся высокой адаптивностью к условиям Южного Урала и Поволжья. Это полукарликовые подвои Урал-5 (57-469 x св.оп.), Урал 6 (49-290 x св.оп.), Урал 7 (49-290 x св.оп.), Урал 8 (57-490 x св.оп.), Урал 11 (57-469 x св.оп.) и др. Подвои Урал 1, Урал 2, Урал 3, Урал 5, Урал 6, Урал 8, Урал 11, Урал 14 включены в Госреестр селекционных достижений РФ (Госреестр 2017; Савин и др., 2007; Савин, 2004; Нигматянов и др., 2010; Мурсалимова, 2013).

Подвои серии «Урал» характеризуются высокой зимостойкостью, засухоустойчивостью, хорошим выходом отводков. Подвой 7-8-5 (Урал 5) и 6-4-8 показали себя как одни из лучших по комплексу признаков для условий Нижнего Поволжья (Винидиктова, 2009). Подвой Урал 5 также положительно характеризуется и для условий Тамбовской области (Каплин и др., 2015).

При размножении одревесневшими черенками наиболее высокий выход укоренённых растений показали подвои Урал 5 (85 %) и Урал 11 (82,8 %) (Мурсалимова, 2012).

Подвои Урал 5 и Урал 2 рекомендуются в качестве источников в селекции на высокую продуктивность маточных кустов, а также для закладки высокоинтенсивных насаждений (Мурсалимова, 2008).

На Крымской опытной станции садоводства И.Г. Борисенко селекционным путём получены новые формы клоновых подвоев. В качестве родителей использовались подвои М8, М9, М3; сорта Боровинка, Грушовка ревельская, Баба-Арабская яблоня (Борисенко и др., 1981). В результате выделена перспективная карликовая форма К-1 (Боровинка x М9) (Борисенко и др., 1981; Татаринов, 1988, 1990).

В настоящее время изучается ещё несколько форм селекции Крымской опытной станции. Наиболее перспективной считается форма К 104 (Танкевич, 2013).

В Северокавказском НИИ садоводства и виноградарства в результате многолетней селекционной работы Г.В. Трусевичем были получены слаборослые клоновые подвои, перспективные для Юга России. Это карликовые подвои СК-2, СК-4, СК-7, и полукарликовые СК-3, СК-5 (Шафоростова и др., 2010). В качестве исходного материала для их селекции использовались подвои серии М и сорта Челеби, Пармен зимний золотой, Боровинка и др. (Трусевич и др., 1981). Деревья на СК-2 превосходят по урожайности деревья на М9 и СК-3 в условиях Ставрополья (Ермоленко, и др. 2013).

На Дагестанской опытной станции садоводства (Буйнакск) с 50-х годов XX века Д.Н. Крыловым, а затем Р.Г. Цаболовым, селекционным путём были получены слаборослые клоновые подвои (подвои серии Б – Буйнакск). Цель работы заключалась в выведении подвоев, характеризующихся, прежде всего, засухоустойчивостью, а также хорошей способностью к укоренению, продуктивностью в саду и другими хозяйственно ценными признаками. В качестве исходного материала для селекции использовали подвои: М1, М2, М3,

М4, М5, М6, М7, М8, М9, М11, М13, М14, М16, Дусен Марголина и сорта Пармен зимний золотой, Ренет шампанский, Абазинское красное, Мантуанер и др. (Цаболов, 1981; Цаболов, 1985; Мусалаев 1994).

В настоящее время карликовый подвой Б7-35 (М5 х М9) и полукарликовый подвой Б16-20 (М4 х М9) признаны одними из лучших и рекомендованы для размножения в Казахстане (Карычев, 1997), а также приняты на Государственное сортоиспытание в Республике Беларусь (Козловская и др., 2015). По данным Косицына (2012), Б7-35 более засухоустойчив, чем М9. В результате многолетнего изучения в условиях Тамбовской области подвои Б7-35 и Б10-19 показали низкую степень устойчивости к выпреванию по сравнению с большинством форм подвоев селекции Мичуринского ГАУ (Каплин и др., 2003).

В Беларуси на Брестской областной государственной сельскохозяйственной опытной станции Н. М. Здоровцевым с сотрудниками получен суперкарликовый подвой ПБ-4 (ПБ х св.оп.). По силе роста его можно отнести в одну группу с Ист-Моллингским М27 и польским Р22. Распространён в Беларуси, где и районирован с 1999 года (Жабровский, 2004; Сухоцкий, 2014). Ещё один подвой селекции этой же станции 106-13(ММ106 х св.оп.), имеющий полукарликовую силу роста, включён в Госреестр сортов Республики Беларусь в 2011 году (Самусь, 2013; Козловская и др., 2015).

На Украине работа по селекции и испытанию новых клоновых подвоев яблони ведется с конца 30-х годов в г. Киеве (в настоящее время институт садоводства НААН) (Марголин, 1971; Дядченко, 2013).

На Краснокутской опытной станции садоводства с 1975 года проводили скрещивания высокозимостойких форм селекции В.И. Будаговского и С.Н. Степанова. В 1985 году О.К. Дядченко получил несколько перспективных форм клоновых подвоев яблони. Эта серия подвоев получила название КД (Дядченко, 1997, 2003). Среди лучших подвоев по показателям суммарной урожайности привитых деревьев были выделены карликовый КД 4 (ПБ х 3-17-38) и полукарликовый КД 1(58-146 X 54-118). Подвои КД 4 и КД 5(ПБ х 3-1-22) по

итогах комплексных исследований были занесены в «Реестр сортов растений Украины» (Дядченко, 2013).

В Эстонии в Плодоводческом исследовательском центре Полли селекцией подвоев яблони начали заниматься в 1954 году. Основная часть из них получена от свободного опыления М2, М4, М11 или от их скрещивания с Анокой, Чулановкой и сеянцем Ранетки пурпуровой (Вейденберг, 1981). В настоящее время в Эстонии, наряду с М26 и подвоями В.И. Будаговского, проходит испытание и подвой местной селекции Е75 (Univer et al., 2006). По данным Е.З. Савина (2007), в условиях Южного Урала полукарликовый подвой эстонской селекции Е56 хорошо зарекомендовал себя в маточнике как по укореняемости, так и по выходу стандартных отводков.

Подвои Е53 и Е75 являются хорошими родительскими формами для селекции новых зимостойких и продуктивных в маточнике подвоев (Univer et al., 2011).

Селекционная работа в Институте садоводства и цветоводства (г. Скерневице, Польша) направлена на создание новых, хорошо адаптированных к почвенно-климатическим условиям Польши, типов подвоев.

Она была начата в 1954 году, на первом этапе ставилась задача по созданию более зимостойких клоновых подвоев по сравнению с Ист-Моллингскими. В качестве родителей использовались М9, М4 и сорта Антоновка и Лонгфилд. В дальнейшем, для улучшения качеств новых подвоев в маточнике и саду, помимо М9 использовали В9 и А2 (Jakubowski et al., 2000). Повой серии «Р» изучаются в Европе, странах Балтии, России (Григорьева и др., 2007; Муханин и др., 2015; Vercammen et al., 2006; Kviklis, 2006; Kviklis et al., 2006).

Наиболее известные из них суперкарликовый Р22 (М9хМ11), карликовые Р59 (А2хВ9), Р14 (М9хсв.оп.), Р60 (А2хВ9) (Григорьева и др., 2007).

Подвои Р59 и Р60 имеют хорошие показатели в маточнике в условиях Тамбовской области, однако подвой Р59 существенно снижал свою продуктивность после бесснежных зим (Каплин, 2007).

На недостаточную зимостойкость для ЦЧР подвоев серии «Р» указывают и другие исследователи. Так, по данным Кирющенко Е.Н. (2007), в условиях Белгородской области корневая система подвоев Р14 и Р16 существенно повреждалась при  $t^0$  минус  $11^0\text{C}$  в то время как, подвои селекции Мичуринского ГАУ (62-396, 54-118, 60-160, 71-3-150) повреждались незначительно даже при минус  $15^0\text{C}$ .

В условиях сада, сорта, привитые на Р60 и Р14, уступали по продуктивности деревьям на 62-396 (Wrona et al., 2006).

По данным Ершовой О.А. (2011), в условиях г. Мичуринска деревья на Р60 по продуктивности находились на уровне деревьев на 62-396, а на Р14 были более урожайными, чем на 57-545.

Новая серия польских подвоев была получена в основном в результате повторных скрещиваний подвоев серии Р с А2, М26, М27 (Jakubowski et al., 2000). По продуктивности в саду деревья на Р66 (Р22хМ26) и Р67 (А2хР2) были на уровне деревьев на М26, но по силе роста они были слабее и их удельная продуктивность (отношение урожая с дерева к площади поперечного сечения штамба) была существенно выше, чем у М26. Р66 показал среднюю степень восприимчивости к бактериальному ожогу, а Р67- оказался слабовосприимчив (Zurawicz, 2011).

Ист-Моллингский исследовательский центр (Великобритания) (бывшая Ист-Моллингская опытная станция) широко известен в мире, как место выведения новых клоновых подвоев плодовых культур. В 10-х – 20-х годах XX века здесь были отсортированы смеси, используемых к тому времени клоновых подвоев яблони. В дальнейшем им были присвоены номера (с 1 по 9) и, в соответствии с ними, их начали распространять по Европе и миру. В настоящее время в мировом промышленном садоводстве из этой серии подвоев используются М9 и М7 (Webster et al., 2000; Wertheim et al., 2003).

Позднее, совместно с институтом Джона Иннеса (Мертон), от скрещивания Ист-Моллингских подвоев с сортом Нортен Спай, имеющим

иммунитет к кровавой тле, были получены подвои серии ММ, которые имеют устойчивость к этому вредителю (Preston, 1955; Татаринов, 1988).

В настоящее время из этой серии продолжают использоваться подвои ММ106, ММ109, особенно в странах Южного полушария (ЮАР и др.), где проблема устойчивости к кровавой тле достаточно актуальна (Costa et al., 2011).

В дальнейшем, для получения более ценных подвоев проводили повторные скрещивания между ранее используемыми клонами. Так, с использованием М9 были получены суперкарликовый подвой М27 (М13хМ9) и полукарликовый (или карликовый) подвой М26, характеризующийся более высокой зимостойкостью и засухоустойчивостью чем М9 (Preston, 1967; Webster et al., 2000; Wertheim et al., 2003). Другие подвои, полученные в тот период, М25 (среднерослый) и М20 (суперкарликовый) не получили широкого распространения (Webster et al., 2000).

В настоящее время селекционную работу здесь ведут в следующих направлениях:

- селекция подвоев, равных по силе роста ММ106, но более устойчивых к корневым гнилям и бактериальному ожогу;

- селекция подвоев, равных по силе роста М9, но более легко укореняемых и обладающих повышенной морозостойкостью;

- селекция подвоев, равных по силе роста М26, но более засухоустойчивых, а также устойчивых к бактериальному ожогу и почвообитаемым вредителям и болезням;

- селекция подвоев, равных по силе роста М27, но устойчивых к корневым гнилям и дающих плоды более высокого качества;

- селекция подвоев, занимающих по силе роста промежуточное положение между М9 и М27, имеющих хорошую якорность и оказывающих положительное влияние на качество плодов.

В качестве родительских форм используют М9, М1, М26, М27, Мертон 793, ММ106, Робуста 5, Оттава 3 и др. в различных комбинациях скрещиваний (Webster, 1999; Webster et al., 2000). Из подвоев новой серии для производства

рекомендуют полукарликовые подвои AR 86-1-25 (M27xMM106) и AR 86-1-20 (M27xMM106), которые характеризуются высокой устойчивостью к корневой гнили, кровавой тле и почвоутомлению. В настоящее время селекционная работа с подвоями ведётся здесь с использованием молекулярных маркёров (Evans et al., 2011).

Для диагностики силы роста гибридных сеянцев определяют количество устьиц на единицу листовой поверхности, а также соотношение коры и древесины в корнях (Webster, 1999).

Из других новых форм перспективным подвоем считают AR 80-1-11, с силой роста равной M26, но обладающим высокой удельной продуктивностью привитых на нём сортов (Webster et al., 2000).

В Канаде селекцией подвоев занимались в нескольких учреждениях.

Из сеянцев от свободного опыления крэба Кэрр в Институте садоводства в Вайлэнде (штат Онтарио) отобраны 6 слаборослых форм. Наиболее слаборослые V1 и V3 сравнимы по силе роста с M9, V2, и V7 - чуть сильнорослее чем M26, наиболее перспективными считаются V1 и V7 (Wertheim et al., 2003; Prive et al., 2011).

Серия подвоев KSC (Кентвилские клоновые подвои) была выделена в Нью Брунсуике из сеянцев Прекрасного аркада, опылённого Антоновкой обыкновенной. Основное преимущество этих подвоев - их более высокая зимостойкость по сравнению с Ист-Моллингскими. По силе роста они в основном относятся к полукарликовым и среднерослым. Наиболее перспективные - KSC 7, KSC 18 и др. (Embree, 1986; Wertheim, 2003; Prive et al., 2011).

На Оттавской опытной станции садоводства была выделена серия зимостойких подвоев «Оттава». Наиболее широко испытанным является полукарликовый подвой Оттава 3, однако он недостаточно хорошо укореняется в маточнике (Embree et al., 1993). В последние годы, в результате клонового отбора, был выделен клон Оттавы 3 ОЗА, превосходящий показатели

укореняемости, скороплодности и удельной продуктивности ОЗ (Khanizadeh et al., 2011).

В 1960 году селекционная программа по созданию зимостойких подвоев была начата в Мордене (штат Манитоба), позднее эта работа была продолжена в Плодоводческом исследовательском центре в Сент-Джин-сюр-Ришелье (Квебек). От скрещивания крэба Нерчинск (сеянец *M. baccata*) с М9 и М26 была получена серия подвоев SJM. Отобранные формы превосходили подвой ОЗ по зимостойкости, устойчивости к кровавой тле, карликовости, урожайности и способности к вегетативному размножению (Khanizadeh et al., 2008, Khanizadeh et al., 2011). Наиболее перспективными по комплексу признаков считаются SJM 15 и SJM 167.

Ещё одна серия подвоев SJP была получена в этом же исследовательском центре от скрещиваний: Робуста 5 х М26, Робуста 5 х В57-490 и Оттава 3 х св.оп. Целью было получить адаптированные к условиям Канады зимостойкие подвои, устойчивые к болезням. По комплексу признаков выделены полукарликовые подвои SJP 84-5218 и SJP 84-5198 (Khanizadeh et al., 2000; 2003).

В Научно-исследовательском институте садоводства в г. Дрезден-Пильниц (Германия) для создания новых форм клоновых подвоев использовали подвои серии М (в основном М9, М4, ММ106), сорта Антоновка, Нортен Спай, Еллоу транспарент и др., а также виды *M. baccata*, *M. micromalus*, *M. prunifolia*. Цель селекционной программы – улучшение способности к вегетативному размножению, повышение устойчивости к биотическим и абиотическим факторам, а также улучшение их влияния на урожайность и качество плодов привитых сортов. Методологическое изучение направлено на ускорение селекционного процесса в школке сеянцев, питомнике и саду.

Результатом многолетней селекционной работы стало выделение перспективных карликовых подвоев Supporter 1 (М9 х *M. baccata*), Supporter 2 (М9 х *M. micromalus*), Supporter 3 (М9 х *M. micromalus*), а также полукарликовых Pi-AU 36-2 (М9 х (М9 х *M. baccata*)), Pi-AU 51-4 (М4 х св.оп.), Pi-AU 51-11 (М4 х св.оп.), Pi-AU 56-83 (М11 х св.оп.). Подвой Supporter 4 (М9 х М4)

рекомендуется для широкого коммерческого выращивания (Fisher 1999a; Fisher, 1999b).

Селекцией собственных клоновых подвоев занимаются даже в такой высокотехнологичной стране, как Япония (штат Мариока). В качестве исходных форм используют *M. prunifolia*, *M. sieboldii*, M9, M26, M27.

Главная цель селекционной программы получить карликовые подвои, выдерживающие условия влажного климата и переувлажнение почвы, хорошо размножающиеся вегетативно, а также устойчивые к кровавой тле, корневым гнилям и другим заболеваниям. Карликовые подвои JM2 и JM7 (MurabacaidoxM9) отличаются относительной устойчивостью к кровавой тле, устойчивостью к корневым гнилям, хорошо размножаются вегетативно (Wertheim et al., 2003; Soejima et al., 2000). В настоящее время селекционная работа продолжается, в том числе с использованием молекулярных маркеров (Moriva et al., 2012, 2015).

В институте садоводства в Пиккио (Финляндия) от свободного опыления одного из крэбов (сеянцев *M. baccata*) получен подвой YP. Подвой среднерослый, или даже сильнорослый, приближающийся по этому показателю к A2, но, по сравнению с ним, более скороплодный и урожайный, а также достаточно зимостойкий для условий Финляндии (Гулько, 1992). В 1997- 2006 годах от скрещивания YP с M26 и M27 была получена серия подвоев МТТ карликовой и полукарликовой силы роста, которые в настоящее время проходят испытание ([https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt\\_en/projects/Nordapp/Apple%20breeding%20and%20varieties%20in%20Finland1.pdf](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt_en/projects/Nordapp/Apple%20breeding%20and%20varieties%20in%20Finland1.pdf)).

В испытаниях полукарликовых и среднерослых подвоев в Канаде подвой YP показал себя как высокоурожайный, наряду с местным подвоем KSC 7 (Prive, 2011).

На станции садоводства в Техобузице (Чехия) была получена серия клоновых подвоев J-TE. В качестве исходного материала для скрещиваний использовались зимостойкие и устойчивые к болезням чешские сорта, а также Ист-Моллингские подвои M2, M4, M9 и др.

Подвой J-TE-E, J-TE-F и J-TE- H сходны по силе роста с M9, а J-TE-G с M27. Подвой J-TE-E и J-TE-F показали продуктивность в саду на уровне M9, а J-TE-G превышал M9. Вместе с тем подвой J-TE-F и J-TE-G не превышали M9 по продуктивности (Wertheim, 1998).

В Швеции на Алнарпской опытной станции от свободного опыления яблони лесной был получен зимостойкий сильнорослый клоновый подвой Алнарп 2. Деревья, привитые на нём, по силе роста равны деревьям на сеянцах Антоновки обыкновенной, а морозостойкость корневой системы до минус 12<sup>0</sup>С. Этот подвой практически не используется в современном промышленном садоводстве, но использовался как исходный материал при селекции новых клоновых подвоев в Польше и Мичуринске (Jakubowski et al., 2000; Гусева, 1997).

Селекционная программа в Балгарде (Швеция) имела целью создать зимостойкие слаборослые подвой. От скрещивания M4 с Антоновкой каменичкой был получен карликовый подвой Bemali, характеризующийся устойчивостью к бактериальному ожогу. По мнению Wertheim (1998), из-за своей низкой продуктивности этот подвой не будет перспективен для промышленного садоводства.

Довольно активная селекционная работа с подвоями ведется в последнее время в Китае. В Гуанчжулинском Институте помологии в провинции Цзилинь, совместно с Хлонджуйским институтом помологии в провинции Ляонин, создали зимостойкие клоновые подвой яблони, путём скрещивания Ист-Моллингских подвоев с зимостойкими слаборослыми сортами и видовыми местными формами яблони.

В настоящее время отобраны зимостойкие карликовые формы GM 256 (как интеркаляр), 63-2-9, 77-42, CX-3. Они также характеризуются хорошей совместимостью и скороплодностью. В настоящее время эти подвой проходят испытание в нескольких районах Китая (Zhang et al., 2011; Gao et al., 2011). Одним из перспективных считается также карликовый подвой Ляожен 2 (M. prunifolia x M9), но он нуждается в дополнительном тестировании на устойчивость к болезням (Rong et al., 2011).

В Северо-Западных провинциях Китая была отобрана серия подвоев от свободного опыления *M. baccata* и других местных форм. Подвойные формы серии «У» отличаются высокой скороплодностью и зимостойкостью, в настоящее время изучаются (Yang et al., 2011). Видовые формы Северо-Западного Китая (*M. siversii*, *M. hupehensis* и др.) активно изучаются и считаются перспективным исходным генетическим материалом для селекции подвоев (Wan et al., 2011; Han et al., 2011).

Некоторые местные китайские виды яблони обладают высокой способностью завязывать апомиктические плоды, и как следствие этого, давать практически однородные по силе роста сеянцы из семян таких плодов.

Выделены формы Цинжень 1 и Цинжень 2, сеянцы которых обладают полукарликовой силой роста и могут быть использованы как семенные подвои, дающие выровненное по силе роста семенное потомство (Sha et al., 2011).

Наиболее последовательная и концептуально смоделированная работа по созданию новых форм слаборослых клоновых подвоев ведётся на Женевской опытной станции Корнелльского университета в США (штат Нью-Йорк).

Она была начата по инициативе Дж. Камминса и Г. Эдвинкла в 1968 году и имела целью создать высокопродуктивные подвои яблони, устойчивые к бактериальному ожогу, корневым гнилям и комплексу патогенов почвоутомления. В качестве исходных форм при скрещиваниях использовались Ист-Моллингские подвои М9, М27, как источники продуктивности, карликовости и укореняемости, и канадские подвои Оттава 3 и Робуста 5, как источники зимостойкости и устойчивости к болезням, кроме того использовали некоторые видовые формы (*M. floribunda*) и крэбы (Robinson et al., 2003).

С 1998 года эта программа получила статус «национального проекта», финансируемого отделом научных исследований Министерства сельского хозяйства США (USDA-ARS), под руководством ведущих ученых в данной области, а также в сотрудничестве с генетиками, фитопатологами и другими специалистами в ряде ведущих Университетов США. Таким образом, в США был создан на базе Женевской опытной станции (занимающейся

селекцией не только яблони, но и ряда других плодовых культур и имеющей богатую генетическую коллекцию) «всеамериканский» центр по селекции подвоев, где при мощной государственной поддержке были аккумулированы все необходимые ресурсы для успешной реализации этой программы.

Следует отметить, что подобный общенациональный центр по селекции подвоев в нашей стране предлагал создать ещё в 1988 году на базе Плодоовощного института им. И.В. Мичурина профессор В.М. Лебедев. Выдержки из его публикации стали одними из ключевых тезисов резолюции по итогам, проводимой в 1988 году на базе Плодоовощного института им. И.В. Мичурина Всесоюзной научно-производственной конференции «Сравнительная оценка слаборослых клоновых подвоев яблони, селекции кафедры пловодства Плодоовощного института имени И.В. Мичурина в питомниках и садах разных зон СССР».

Предлагалось организовать при Плодоовощном институте им. И.В. Мичурина «Всесоюзный научно-методический центр по клоновым подвоям», включающий в себя комплекс лабораторий, региональные центры по изучению подвоев, а также просить Госагропром СССР выделить базовые хозяйства по областям, зонам для размножения клоновых подвоев и выращивания саженцев (Лебедев, 1990; Решение Всесоюзной конференции..., 1990).

К сожалению, проект создания такого центра так и не был реализован в нашей стране, но практически в том же формате спустя 10 лет был успешно реализован в США.

С 1989 по 1999 год сотрудниками Женевской опытной станции были совершены несколько экспедиций в Казахстан, Киргизию, Западный Китай, Российский и Турецкий секторы Кавказа для сбора семян и черенков яблонь из уникальных местных яблоневых лесов.

Здесь в результате естественного отбора возникли формы яблони, являющиеся ценными генетическими источниками устойчивости к бактериальному ожогу, корневым гнилям и другим болезням. Особенно интересные формы были отобраны в Казахстане, в районе Заилийского Алатау.

Весь этот материал пополнил генетическую коллекцию Женевской опытной станции и в настоящее время активно используется для создания новых сортов и подвоев яблони (Fazio, Forsline et al., 2008).

Основной целью селекции - является создание подвоев не уступающих по продуктивности М9, но при этом высокоустойчивых к бактериальному ожогу, корневым гнилям, почвенным патогенам, кровавой тле и некоторым другим болезням. Подбор родительских пар ведут исходя из фенотипической оценки и с помощью молекулярных маркёров (Fazio et al., 2011). В маточнике оценивают укореняемость, ломкость, наличие шипов и т.д. В питомнике большое значение придают влиянию подвоя на количество боковых ветвей привитого сорта и угол их отхождения, то есть потенциальную скороплодность и дальнейшую их пригодность для создания веретеновидных крон (Fazio, Robinson, 2008).

В саду дают оценку продуктивности, периодичности плодоношения, порослевости, скороплодности. Окончательная оценка зимостойкости, засухоустойчивости и совместимости, также даётся по результатам многолетнего изучения в саду (от 4 до 15 лет) (Fazio et al., 2005).

В США существует аналог советской сети госсортоучастков по испытанию подвоев плодовых культур на территории США, Канады и Мексики. Проект называется NC-140 и финансируется отделом научных исследований Министерства сельского хозяйства США (USDA-ARS). Опытные площадки университетов, опытных станций и ведущих питомников (22 члена в США, 5 в Канаде и 2 в Мексике) ведут согласованную многолетнюю работу по сортоиспытанию подвоев яблони, груши и косточковых культур в различных почвенно-климатических условиях (электронный ресурс [www.nc140.org](http://www.nc140.org)).

По результатам испытаний, наиболее перспективными для промышленных садов являются карликовые подвои G16 (Оттава 3 x *M. floribunda*); G41 (M27 x Robusta 5) и полукарликовые G 202 (M27 x Robusta 5) и G 935 (Оттава 3 x Robusta 5). Все они характеризуются устойчивостью к бактериальному ожогу, продуктивностью и скороплодностью на уровне М9 или чуть лучше, и имеют зимостойкость на уровне М26 или чуть выше (G935). G202 имеет устойчивость к

кровяной тле, что делает его перспективным в местах распространения этого вредителя (Robinson et al., 2003, 2011; Moran et al., 2011). G 41 и G 935 оказались более толерантны, по сравнению с другими подвоями, к почвоутомлению (Auvil et al., 2011).

В настоящее время подвой серии Geneva испытываются также в Европе и Южной Африке (Simard et al., 2011; Costa, 2011).

В некоторых научных учреждениях ведутся работы по созданию трансгенных подвоев с использованием технологии агробактериальной трансформации. Такие исследования ведутся в США, где изучается влияние трансгенных подвоев на генетически не измененный привойный сорт.

В Швеции в Университете аграрных наук (Алнарп) получены трансгенные формы клоновых подвоев M26 и M9, с улучшенной способностью к укоренению. В настоящее время они проходят полевые испытания (Welander et al., 2004; Smolka, 2009).

В России С.В. Долговым в Институте биоорганической химии РАН осуществлена трансформация клоновых подвоев яблони (57-545, селекции В.И. Будаговского) и груши (ПГ-12, селекции ВНИИС им. И.В. Мичурина) геном, обуславливающим устойчивость к гербицидам на основе фосфинотрицина, и показана устойчивость полученных форм к высоким дозам коммерческих препаратов гербицида Баста в полевых условиях (Долгов, 2011; Dolgov et al., 2004).

#### **1.4. Перспективы селекции подвоев яблони**

Проведенный анализ литературных источников показывает, что селекции подвоев придают большое значение во многих странах мира. В различных природно-климатических условиях получено достаточно большое количество клоновых подвоев, различающихся по силе роста, зимостойкости, засухоустойчивости, устойчивости к болезням и вредителям, укореняемости, продуктивности. Подвой селекции В.И. Будаговского и его последователей из

Мичуринского ГАУ занимают среди мирового разнообразия клоновых подвоев одну из ведущих позиций. Их широкая адаптивная способность, обусловленная богатой наследственной основой, синтезирующей в себе свойства нескольких видов яблони, позволяет реализовывать им свой генетический потенциал в самых разных регионах мира. В США наиболее популярными подвоями селекции В.И. Будаговского стали ПБ (В9), 54-118 (В118), а в последнее время 62-396 (В10) и 70-20-20 (В70-20-20), в европейских странах В9 и 57-491, в Китае высокую оценку за свою зимостойкость получил подвой 71-3-150.

По данным американских испытаний в рамках проекта NC-140, наилучшие результаты по показателям удельной продуктивности и устойчивости к основным патогенам, среди подвоев селекции Мичуринского ГАУ, показали 71-3-150, 70-20-21 и 62-396. Наиболее перспективным для современных интенсивных насаждений считается 62-396 (В10). Подвой 70-20-20 не рекомендуется для современных интенсивных садов, из-за своего слишком мощного роста, но рассматривается как очень перспективная форма для размножения декоративных сортов яблони ([www.nc140.org](http://www.nc140.org)).

Необходимость селекционного улучшения и обновления сортимента подвоев будет существовать всегда, т.к. изменения экологических, антропогенных и климатических факторов, требования сельскохозяйственных производителей, а также эволюция растительных патогенов не стоят на месте. Селекционная работа с подвоями предусматривает изучение исходного материала, подбор родительских пар, создание нового генофонда и всестороннюю его оценку на всех этапах изучения для выделения источников и доноров ценных признаков и, в конечном счете, рекомендацию лучших форм подвоев для производства.

В селекционный процесс необходимо привлекать новые источники и доноры ценных признаков такие, как американские подвои серии «Geneva», китайские формы подвоев, полученные на основе местных видов (*M. hupehensis*, *M. sikkimensis* и др.), дальневосточные виды яблони, выделенные академиком

В.В. Пономаренко (*Malus manshurica* subsp. *zhukovskyi* Ponom. и др.), отборные формы *M. siversii* из Заилийского и Джунгарского Алатау Республики Казахстан.

Для дальнейшей эффективной селекционной работы назрела необходимость комплексной оценки созданного за многие годы генофонда вегетативно размножаемых форм яблони селекции Мичуринского ГАУ, с целью выявления источников и доноров ценных признаков, анализа и синтеза полученных результатов для разработки новых методологических подходов и усовершенствования отдельных этапов селекционного процесса клоновых подвоев яблони. Немаловажным является и расширение направлений селекционной работы в плане использования полученных здесь гибридов в качестве сортов для технологической переработки, и применения в качестве декоративных форм в садово-парковом и ландшафтном строительстве.

## ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1. Условия проведения исследований

Полевые исследования выполнены в условиях умеренно-континентального климата Тамбовской области на селекционных и коллекционных участках лаборатории селекции слаборослых клоновых подвоев, расположенных в учхозе «Комсомолец» Мичуринского района Тамбовской области.

Мичуринский район Тамбовской области характеризуется умеренно-континентальным климатом с довольно теплым летом и холодной продолжительной зимой. Средняя температура воздуха самого теплого месяца – июля составляет от + 19,0 до 20,7°C, а самого холодного – января, - от минус 10,5 до 11,5°C. Абсолютный минимум температуры воздуха составляет минус 37,8°C, абсолютный максимум + 38,7°C. Теплый период, то есть период с положительной средней суточной температурой, длится 211 -216 дней. Средняя продолжительность вегетационного периода - 182 дня, а средняя продолжительность периода с температурой более 10°C колеблется от 140 до 150 дней. Сумма положительных температур составляет 2750 – 2900°C. Сумма температур выше 10°C составляет 2400-2600°C. Первые осенние заморозки приходятся в среднем на конец сентября, а весенние на первую декаду июня. Устойчивый переход к отрицательным температурам наблюдается в последней декаде ноября. Годовое количество осадков в г. Мичуринске составляет 450-500 мм (рис. 2). За период вегетации выпадает 230-260 мм осадков. Устойчивый снежный покров устанавливается в последних числах ноября – первой декаде декабря и держится 125 дней. К концу зимы высота снежного покрова в садах в среднем достигает 30-40 см. Сход устойчивого снежного покрова происходит в конце марта – начале апреля, полное оттаивание почвы наблюдается в среднем с 10 по 25 апреля.

Почвы учхоза «Комсомолец», где проводились исследования, - средневещелоченные черноземы тяжелосуглинистого механического состава, на

лессовидном суглинке, достаточно гумусные. Мощность гумусового горизонта около 40 см. Общая скважность 49-52%, объемная масса в слое 0-20 см 1,15-1,20 г/см<sup>3</sup> и на глубине 80-100 см достигает 1,30-1,35 г/см<sup>3</sup>. Наименьшая полевая влагоемкость метрового слоя почвы - 28,6-28,7%, рН водной вытяжки 5,5 (в наших условиях при такой кислотности пахотного слоя яблоня чувствует себя хорошо). Гидролитическая кислотность 7,8-8,1 мг-экв., сумма поглощенных оснований - 22,70-24,25 мг-экв. на 100 г почвы. Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 4,20-5,80 мг, K<sub>2</sub>O – 15,80 мг на 100 г почвы.

Для климата области характерно относительно теплое лето и умеренно холодная продолжительная зима с устойчивым снежным покровом.

Среднегодовая температура составляет +4-5°C и варьирует от 2,3 до 7,6°C в различные годы. Наиболее теплый месяц – июль (средняя температура 19,0-20,7°C), самый холодный – январь (средняя температура минус 10,5-11,5°C). Абсолютная минимальная температура минус 37,8°C, летом 2010 года отмечена абсолютная максимальная температура +40,3°C.

Вегетационный период начинается, как правило, в середине апреля и заканчивается в середине октября. Продолжительность его составляет 180-185 дней. За время вегетации среднемноголетняя сумма активных температур (выше +10°C) составляет около 2500°C. Среднесуточная температура выше нуля держится 210-220 (около 60%) дней в году, безморозный период длится около 150 дней. Среднесуточные температуры ниже нуля обычно устанавливаются 3-8 ноября, этот период длится 145-156 дней.

Для яблони серьезную угрозу представляют относительно часто отмечаемые низкие отрицательные температуры в середине зимовки, а также резкие снижения температуры в осенне-зимний и, особенно, в зимне-весенний периоды. В условиях Мичуринского района часто наблюдаются поздневесенние заморозки во время цветения (первая и вторая декады мая), когда вторжения холодных арктических масс воздуха приводят к понижениям температуры в понижениях рельефа до минус 5°C и существенному повреждению генеративных образований.

Осадки на территории области выпадают в течение 150-160 дней в году. Среднегодовое их количество – 450-500 мм, большая часть из которых выпадает в теплое время года (сумма 300-350 мм). Регион расположен в зоне неустойчивого увлажнения, колебания осадков по годам могут составлять 300-700 мм. При этом в среднем один раз в 3-4 года отмечаются засухи. Средняя величина гидротермического коэффициента составляет 0,95-1,10.

Устойчивый снежный покров формируется, как правило, в ноябре-декабре и сохраняется в течение около 125 дней. Его высота может достигать 0,6-0,8 м.

Относительная влажность воздуха варьирует от 50% в засушливые годы летом, до 88% в осенне-зимний период. Среднегодовое значение этого показателя составляет 76%.

За время проведения исследований погодные условия отличались значительным разнообразием, было отмечено несколько особенно неблагоприятных для плодовых растений периодов, когда метеорологические показатели аномально отклонялись от средних многолетних. Эти условия позволили провести в полевых условиях более глубокую оценку изучаемых подвойных форм по уровню адаптации к неблагоприятным зимним условиям и выделить наиболее устойчивые из них.

Часто влияние негативных факторов, превышающих адаптивные возможности генотипов, наблюдались в период перезимовки (таблицы 1-4). Так, крайнеп неблагоприятно отразился на состоянии плодовых растений резкий перепад температур в январе-феврале 1999 года.

Таблица 1 – Минимальные температуры воздуха за 1999-2006 годы исследований

Месяц	много- летние данные	ГОДЫ							
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
январь	-37	-25,4	-25,7	-19,8	-29,5	-28,4	-14,4	-19,7	-34
февраль	-37	-27,9	-20,6	-23,5	-17,7	-25,0	-22,5	-24,5	-34,7
март	-30	-14,9	-12,6	-13,3	-5,4	-21,3	-15,3	-20,2	-17,6
апрель	-18	-6,4	-0,7	-7,0	-9	-5,4	-8,7	-10,7	-2,1
май	-6	-1,7	-2,0	3,2	1,5	4,4	1,4	4,6	0,4
июнь	-2	7,8	8,4	7,4	8,8	3,1	5,0	8,6	8,6
июль	5	10,7	10,4	13,3	11,5	12,0	11,0	9,2	7,6
август	0	9,0	7,8	7,0	5,0	7,9	8,0	9,2	10,3
сентябрь	-6	4,2	-1,0	-0,4	2,0	2,1	1,0	1,4	2,0
октябрь	-18	-2,4	-2,0	-5,5	-5,6	-8,4	-2,5	-7,5	-17,5
ноябрь	-34	-23,0	-14,9	-14,0	-17,4	4,0	-15	-5,2	-9,3
декабрь	-37	-26,7	-14,5	-25,6	-30,8	-18,9	-17,6	-18	-15,2
минимальная годовая темп.	-37,0	-27,9	-25,7	-25,6	-30,8	-28,4	-22,5	-24,5	-34,0

После длительной оттепели (до +2,4°C) отмечались морозы до минус 27,9°C. В результате у многих сортов были повреждены плодовые почки, что привело к резкому снижению урожайности в течение вегетационного периода.

Таблица 2 – Минимальные температуры воздуха за 2007-2017 годы исследований

Месяц	ГОДЫ										
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
январь	-19,9	-27,5	-22,9	-31,4	-23,7	-23,1	-26,2	-31,6	-25,8	-29,6	-29,0
февраль	-25,5	-19,8	-18,8	-20,4	-30,1	-27,1	-18,8	-26,5	-22,8	-9,4	-23,9
март	-6,8	-4,5	-15,0	-18,6	-23,7	-19,1	-22,0	-9,3	-12,2	-10,6	-7,6
апрель	-6,4	1,8	-4,8	-2,4	-8,4	-4,2	-1,7	-4,9	-4,5	-2,6	-5,2
май	-0,8	2,0	2,2	6,4	6,3	3,2	4,6	0,6	4,3	5,6	-0,9
июнь	8,3	3,1	6,4	8,4	9,2	5,8	9,8	5,2	8,9	5,7	2,3
июль	10,8	9,5	7,4	16,2	15,8	11,5	9,8	11,2	9,7	9,3	7,3
август	5,6	6,9	8,7	6,7	11,5	7,5	8,4	6,4	5,9	11,2	9,4
сентябрь	2,8	-0,3	1,2	2,1	4,8	4,1	0	1,0	4,9	1,6	-0,1
октябрь	-1,7	-1,3	-2,9	-5,2	-3,8	-2,4	-3,4	-10,9	-5,7	-5,3	-6,2
ноябрь	-15,5	-7,7	-7,6	-15,2	-16,5	-7	-6,4	-16,7	-10,2	-15,6	-9,7
декабрь	-18,7	-19,4	-28,9	-23,6	-9,9	-23,9	-21,3	-21,2	-12,7	-25,6	-9,2
Минималь- ная год. t	-25,5	-27,5	-28,9	-31,4	-30,1	-27,1	-26,2	-31,6	-25,8	-29,6	-29,0

Таблица 3 - Средние температуры воздуха за 1999-2007 годы исследований

Месяц	много- летние данные	годы								
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
январь	-10,9	-5,0	-7,7	-3,7	-6,8	-7,6	-5,5	-3,9	-12,8	-1,7
февраль	-10,1	-5,3	-4,0	-6,6	-1,1	-10,9	-7,1	-9,5	-14,2	-9,9
март	-4,8	-3,0	-1,7	-1,8	3,0	-5,7	-1,1	-7,0	-4,6	2,9
апрель	5,3	10,6	11,2	10,9	8,0	5,2	5,8	7,5	6,7	6,3
май	13,7	10,3	10,8	13,3	13,9	16,4	13,5	17,3	14,0	16,7
июнь	17,8	21,0	16,9	16,8	18,3	13,9	16,5	17,1	19,8	18,6
июль	19,8	22,5	20,3	23,7	23,7	20,6	19,4	20,2	18,5	20,4
август	18,9	17,9	18,8	18,8	18,6	18,1	19,9	19,5	19,6	22,7
сентябрь	12,2	12,7	11,2	13,1	13,6	12,7	13,6	14,6	13,8	13,8
октябрь	5,1	7,3	6,6	4,6	4,5	6,2	6,5	7,5	7,4	8,0
ноябрь	-1,7	-5,1	-1,2	0,3	-0,1	0,7	-0,1	0,9	-0,1	-2,4
декабрь	-7,4	-2,4	-2,4	-11,7	-13,1	-3,6	-3,7	-4,2	-0,2	-6,1
Средне- годовая темп.	4,8	6,8	6,6	6,5	6,9	5,5	6,5	6,7	5,7	7,4

Таблица 4 - Средние температуры воздуха за 2008-2017 годы исследований

Месяц	много- летние данные	годы									
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
январь	-10,9	-9,6	-7,2	-16,6	-9,4	-8,2	-12,8	-9,4	-6,3	-10,0	-7,7
февраль	-10,1	-4,1	-5,9	-8,3	-12,5	-12,9	-14,2	-4,8	-4,7	-0,9	-6,2
март	-4,8	2,7	-1,8	-2,7	-4,8	-3,9	-4,6	1,0	0,1	1,1	1,7
апрель	5,3	11,1	6,3	8,6	6,1	10,2	6,7	7,7	6,6	9,5	7,2
май	13,7	13,6	14,8	17,7	16,9	17,9	14,0	18,2	16,4	14,8	13,3
июнь	17,8	16,9	19,4	22,4	20,2	19,3	19,8	17,4	19,6	18,8	16,0
июль	19,8	20,7	21,2	27,3	24,0	21,7	18,5	22,0	19,5	21,9	19,4
август	18,9	21,0	17,1	25,0	20,0	19,8	19,4	21,1	18,6	21,3	20,4
сентябрь	12,2	12,4	16,2	14,5	13,3	13,8	13,8	14,0	16,3	11,7	14,0
октябрь	5,1	8,9	7,6	4,6	6,3	8,8	7,6	4,9	4,1	5,1	5,5
ноябрь	-1,7	1,7	1,4	4,4	-1,8	1,8	-0,1	-2,2	0,8	-2,5	-0,6
декабрь	-7,4	-4,0	-7,3	4,9	-1,4	-7,9	-0,2	-4,4	-0,7	-7,4	0,0
Средне- годовая темп.	4,8	7,6	6,8	7,7	6,4	6,7	5,7	7,1	7,5	7,0	6,9

Относительно суровая зима наблюдалась в 2002 году – температура воздуха достигала в декабре минус 30,8°C. Данные условия не оказали критического воздействия на подвой яблони.

Особенно неблагоприятным для перезимовки плодовых культур был зимний период 2005/06 годов. Отмечено две волны холода, когда среднесуточная температура воздуха не поднималась выше минус 20,0°C: 17-25 января – минимальная температура в этот период достигала минус 34,0°C и 3-10 февраля – с минимумом, зарегистрированным на метеостанции минус 34,7°C. При этом в насаждениях, где проводились исследования температура воздуха опускалась до минус 37,5°C, что превысило абсолютный минимум за все годы наблюдений, а на уровне снега – ниже минус 40°C. Среднесуточная температура воздуха 8 февраля составила минус 30,4°C, что более чем на 20°C ниже средне многолетних значений. В результате сложившихся условий в специализированных, личных подсобных и фермерских хозяйствах Тамбовской области вымерзло более 35% плодовых насаждений (Савельев и др., 2010).

Следует отметить, что подземная (подвойная) часть деревьев яблони на слаборослых клоновых подвоях селекции В.И. Будаговского (54-118 и 62-396) в ряду обследованных в 2006 году насаждений Тамбовской области пострадала, что связано как с высокой морозостойкостью вышеперечисленных подвоев, так и с достаточной толщиной снежного покрова в этом году (Трунов и др., 2006).

Неблагоприятно для плодовых насаждений сложились погодные условия во время зимы 2009/2010 года. Уже в период подготовки их к зиме в октябрь-ноябре температура воздуха на 2-3°C превышала климатическую норму, что препятствовало прохождению закалки. Понижение температуры до минус 28,9°C в декабре сопровождалось отсутствием снегового покрова. Это привело к большему подмерзанию надземной и корневой системы подвоев в маточнике, чем в обычные годы, но в то же время критических подмерзаний, с полным выпадом маточных кустов не отмечено. Были зафиксированы потенциально опасные для растений понижения температуры и в январе. Среднесуточная температура в это время опускалась до минус 26,8°C, минимальная – до минус

31,4°C. Условия зимы 2009/2010 года не нанесли существенного ущерба производственным насаждениям яблони. Снижение температуры воздуха до минус 31,6°C, отмеченное в январе 2014 года не было продолжительным и не сопровождалось резкими ее колебаниями. В этой связи существенного ущерба насаждениям яблони оно также не нанесло.

За годы исследований во время перезимовки часто отмечались нестабильные условия с резкими колебаниями температур и продолжительными оттепелями как в период закалки и при выходе из покоя, так и в середине зимы.

В период проведения исследований было отмечено негативное влияние на насаждения плодовых поздневесенних заморозков, наиболее существенный ущерб они причинили в мае 1999 и 2000 годов. В первой декаде мая 1999 года, когда растения вступали в фазу цветения, наблюдалось длительное похолодание длительностью более десяти дней. Заморозки в это время отмечались несколько раз, самый сильный из них был зарегистрирован 4 мая, когда температура на опытных участках понижалась до минус 3-4°C. В результате, у большого количества изучаемых гибридов наблюдались значительные повреждения бутонов, цветков и завязей.

Аналогичными условиями характеризовался и май 2000 года, когда резкое похолодание сопровождалось довольно сильными утренними заморозками. Минимальных значений температура воздуха достигала 15 и 17 мая, когда в экспериментальных насаждениях заморозки достигали минус 4°C. Эти условия также привели к повреждению генеративных образований у ряда сортов и форм.

За время исследований отмечены отклонения количества осадков, выпавших в период вегетации, и в целом за год от среднемноголетних значений. Наибольшей влагообеспеченностью в вегетационный период характеризовались 2000, 2001 и 2013 годы, благоприятными в этом отношении также были и 2003, 2006, 2007, 2011 годы. Недостаточным увлажнением в течение вегетации характеризовались 2002, 2010 и 2014 годы. Неблагоприятные условия отмечены и в 2014 году, когда за вегетационный период осадков выпало в 1,8 раза меньше

климатической нормы. Особенно засушливым был июль – сумма осадков в этом месяце не превысила 1 мм.

На рисунке 1 отражены тенденции выпадения осадков в течение года и за период вегетации. Отмечены некоторые закономерности отклонения климатических показателей от средне многолетних. Если в период покоя растений осадков выпадает больше, то во время вегетации их, как правило, выпадает заметно меньше.

В летний период 2010 года установилась аномально жаркая и сухая погода. Осадков выпало в 2,5 раза ниже средних многолетних показателей. В июне отмечено выпадение 14,3 мм осадков, в июле – 18,2, что в 3,2-4 раза ниже обычных показателей. С 1 по 28 августа выпало всего 8 мм осадков при норме 52 мм. Сумма осадков за период с 9 июля по 20 августа составила всего 0,9 мм. Воздушная и почвенная засуха с третьей декады июня и до середины августа сопровождалась экстремально высокими температурами воздуха (рис. 2).

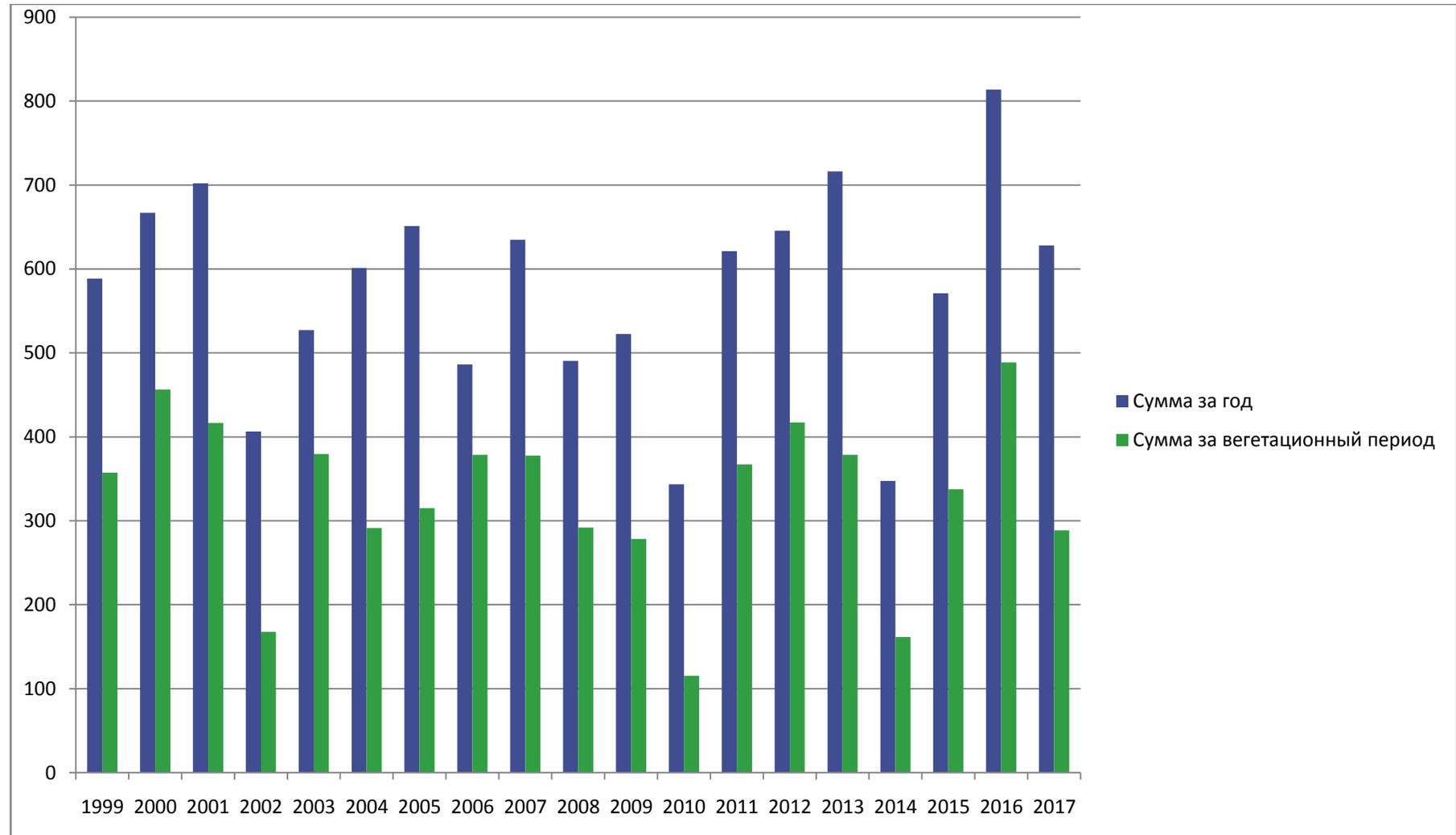


Рисунок 1 – Годовой ход количества осадков в г. Мичуринске за период с 1999 по 2017 год (мм)

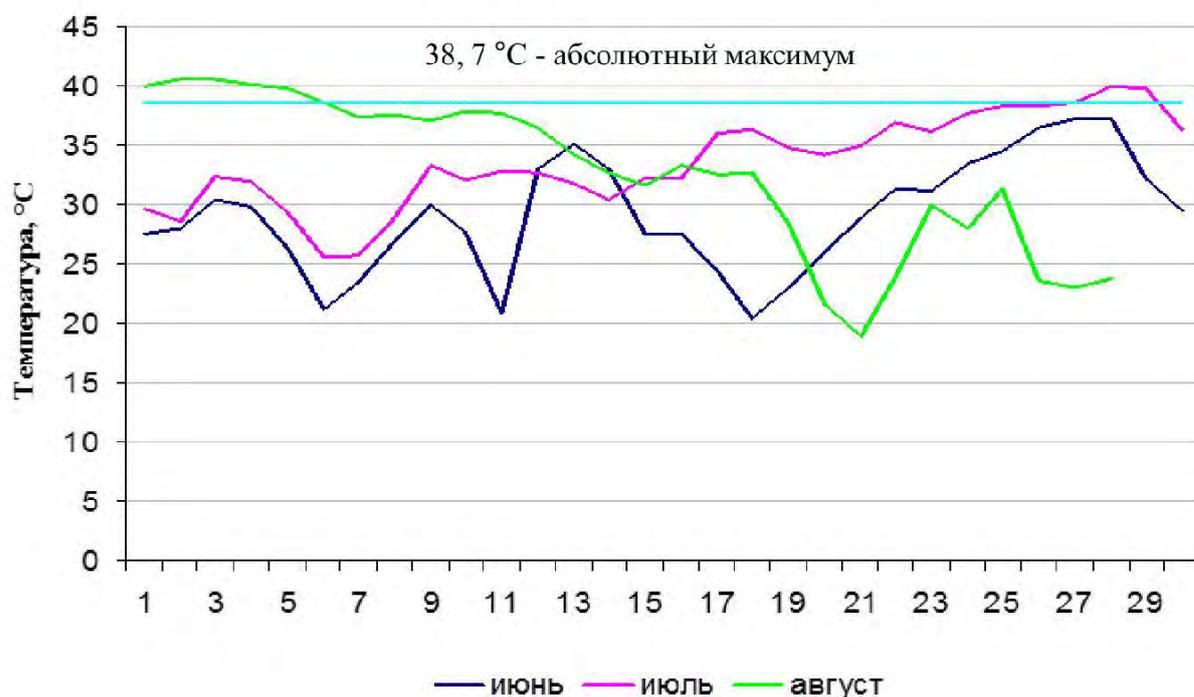


Рисунок 2 – Среднесуточная температура воздуха летних месяцев 2010 года

В течение этого периода дневные температуры воздуха часто приближались к абсолютному максимуму (38,7 °C), а с 28 июля по 5 августа почти ежедневно обновляли его. 2 и 3 августа температура повышалась до рекордных значений в 40,6°C. При этом отмечались среднесуточные температуры на 5-10°C выше многолетних значений, а поверхность почвы нагревалась до 55-60°C, что неблагоприятно сказалось на процессе корнеобразования отводков в маточнике и существенно снизило средний балл укоренения.

## 2.2. Объекты и методы исследований

Исследования проводились с 1999 по 2017 годы в соответствии с тематическими планами НИР ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ на базе генетической коллекции, гибридных насаждений и участков Лаборатории селекции слаборослых клоновых подвоев, расположенной в учхозе «Комсомолец» Мичуринского района Тамбовской области в соответствии с тематическим планом-заданием научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ по заказу Минсельхоза РФ за счёт средств федерального бюджета по теме «Селекция зимостойких, слаборослых клоновых подвоев яблони».

Материалом исследований являлись:

– более 1300 межвидовых гибридов яблони, изучаемых в качестве подвоев, сырьевых и декоративных сортов;

– 10 сортов яблони отечественной и зарубежной селекции.

В качестве родительских генотипов в гибридизации были задействованы межвидовые гибриды, сорта и формы яблони: гибриды, полученные в лаборатории селекции слаборослых подвоев в 50-х – 90-х годах, Кортланд, Бессемянка мичуринская, Уэлси, Спартан, Жигулёвское, Веняминовское, Строевское, Карповское, Орлик, Сибирка плакучая (*M. baccata* (L.) Borkh.), В28-8 (Выдубецкая плакучая х ПБ), *M. sargentii*Rehd., *M. sieboldii* (Regel) Rehd., *M. micromalus*Rehd., *M. Sulardii* (Bailey) Britt.

Всего в исследованиях было использовано около 5000 гибридных сеянцев яблони из 60 комбинаций скрещиваний и от свободного опыления.

**Методика проведения** исследований составлена с учетом Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1970), «Программы и методики селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1980; 1995), «Программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (Орел, 1973; 1999), «Методики изучения подвоев плодовых культур» ( Гулько, 1982),а также предложенной нами схемы

селекционного процесса клоновых подвоев яблони с использованием этапа отбора по укореняемости в адвентивно-гибридном маточнике.

Состояние растений после перезимовки в маточнике определяли по методике В. И. Галкина (1970), прочность древесины с учетом исследований В.И. Будаговского (1959) и М.Л. Филипповой (1986); качество отводков определяли согласно методике В.И. Будаговского (1959), М.Л. Филипповой (1989) с учётом ГОСТ Р 53135-2008.

Искусственное промораживание побегов и корней подвоев в зимний период осуществляли согласно методическим рекомендациям, разработанным М.М. Тюриной, Г.А. Гоголевой (1978), М.М. Тюриной и др. (2002), В.И. Будаговским (1966) и В.А. Труновой (1983) в низкотемпературных установках НС 280/75 (Фригера) и ТС-180 Jeio Tech.

Для исследований по распределению продуктов фотосинтеза выкапывалось по 4 растения каждого варианта (растение – повторность) в начале июня, в середине июля и в конце августа. После этого в лаборатории у растений отделяли кору и взвешивали отдельно листья, корни, кору и древесину по каждому варианту до установки в сушильный шкаф, и после высушивания до постоянной массы при  $t^{\circ} = 105^{\circ} \text{C}$ .

Для каждого варианта брали по 4 растения, растение – повторность.

Для определения содержания фитогормонов отбирали образцы с 4-х растений, выросших в условиях вегетационного опыта. Анализ проводили иммуноферментным методом по методике Ивановой Е.П. (1994).

Обработку подвоев в первом поле питомника гибберелловой кислотой проводили в фазу активного роста. Растения опрыскивали из пульверизатора, концентрация гиббереллина 0,02 %.

Предварительную оценку силы роста подвоев проводили по следующим показателям:

- длина корневых волосков (по методике И.А. Муромцева, 1969);
- соотношение флоэмы и ксилемы в корнях (по методике Beakbane and Thompson, 1947);

- количество устьиц на единицу площади листа (по К.Г. Карычеву (1997), с дополнениями и усовершенствованиями автора)

Химический состав плодов и продуктов переработки определялся общепринятыми в биохимии плодов методами: растворимые сухие вещества – рефрактометрическим методом (ГОСТ 28562-90); сахара – спектрофотометрическим методом по Бертрану (ГОСТ 8756.13-87); титруемая кислотность – титрованием 0,1N раствором NaOH (ГОСТ 25555.0-82); витамин С – с йодатом калия; Р-активные катехины – по ванилиновому методу (в модификации Вигорова) (Методика., 1970; Ермаков, 1979).

Определение качественного состава антоцианов яблок проводили с использованием метода обращенно-фазовой ВЭЖХ: хроматограф Agilent1260 с двумя детекторами - диодно-матричным и масс-спектрометрическим. Антоцианы разделяли на колонке 250 x 4,6 мм Reprosil-PurC18-AQ, 5 мкм в элюенте 10 об.% ацетонитрила и 10 об.% муравьиной кислоты в воде при скорости подачи 1 мл/мин при использовании диодно-матричного детектора. Для записи масс-спектров разделение антоцианов проводили на микроколонке: 150 x 2,1 мм SB-18 в том же элюенте при скорости подачи 150 мкл/мин. Масс-спектры записывали в режиме электрораспылительной ионизации и при напряжении на фрагменторе 100 В в режиме сканирования положительных ионов. Параметры газа-осушителя: расход 10 л/мин, температура 350°C, температура квадруполя 100°C. (В.И. Дейнека и др., 2014).

Оценку декоративных качеств гибридов яблони проводили в соответствии с методикой оценки для государственного сортоиспытания, а также методикой по испытанию селекционных достижений на отличимость, однородность и стабильность (RTG/0192/1), с использованием оценки окраски бутонов и цветков по международной шкале RHS, в которой цвета обозначаются соответствующим буквенно-цифровым индексом.

Экономические аспекты возделывания новых сортов изучали, руководствуясь «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1999).

Обработку данных результатов исследований производили с помощью методов математической статистики (Доспехов, 1985; Масюкова, 1979), статистических пакетов программного обеспечения Microsoft Excel 2010, Статистика 10.0.

## ГЛАВА 3. СЕЛЕКЦИЯ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ НА ЗИМОСТОЙКОСТЬ

### 3.1. Оценка зимостойкости слаборослых клонных подвоев в полевых условиях

Зимостойкость у плодовых растений – это способность переносить комплекс разнообразных неблагоприятных условий зимнего периода. Это свойство непостоянное, оно носит сложный динамический характер и складывается из многих компонентов (Козловская, 2015; Соловьёва, 1988). Оно зависит от физиологического состояния растения и его генотипа (Соловьёва, 1988). У привитых плодовых растений, состоящих из двух компонентов, зимостойкость привитого сорта усиливается под влиянием зимостойкого подвоя (Касьяненко, 1963; Долгов, 1968; Грязев, 1980; Гулько, 1981; Шмадлак, 1983).

Различают несколько компонентов (слагаемых) зимостойкости.

**Первый компонент** зимостойкости характеризует способность растений приобретать зимостойкое состояние; различают время и скорость развития морозостойкости при похолодании (устойчивость к позднеосенним и раннезимним морозам). Для определения уровня этого компонента промораживание в камере искусственного климата ведут при минус 25°C. Оптимальный срок промораживания 20 ноября – 10 декабря.

**Второй компонент** зимостойкости определяет высокую максимальную морозостойкость в середине зимы (потенциальная морозостойкость). Это один из наиболее важных компонентов, на который ведут поиск доноров и селекцию. Промораживание ведут при минус 40°C.

**Третий компонент** зимостойкости характеризует способность сохранять морозостойкость после оттепелей, стабильность морозостойкости. Для определения этого компонента промораживание ведут при минус 25°C. Оптимальный срок промораживания – середина февраля. У недостаточно

зимостойких сортов повреждения начинаются с коры и почек, а древесина повреждается слабо.

**Четвертый компонент** зимостойкости – способность восстанавливать морозостойкое состояние после оттепелей и повторной закалки. Промораживание ведут при минус 35°C, через несколько дней после оттепели. Лучшим сроком промораживания считают середину марта (Тюрина, Гоголева, 1978; Кичина, 1993, 1999; Седов, 2005; Савельев и др., 2010).

Кроме компонентов зимостойкости немаловажным качеством является способность к регенерации после зимних повреждений.

Главным лимитирующим фактором использования слаборослых, вегетативно размножаемых подвоев яблони в условиях Центральной России была недостаточно высокая зимостойкость их корневых систем. Самый распространённый в мире, карликовый подвой М9 имеет морозостойкость корневой системы на уровне минус 9°C, и попытки закладывать промышленные сады на таких подвоях в регионах, где температура в почве может опускаться ниже минус 10°C обречены на неудачу (Будаговский, 1978; Коровин, 1980; Потапов, 2000; Верзилин и др., 2001; Трунов и др., 2007).

Заслуга В.И. Будаговского и последователей его научной школы из Мичуринского ГАУ состоит в создании селекционным путём подвоев, имеющих достаточный уровень морозостойкости корневой системы (до минус 16 – 18°C). Только после создания таких подвоев появилась возможность закладки интенсивных садов на больших площадях в суровых условиях Центральной России и других регионах с подобными климатическими условиями.

Генетические основы зимостойкости яблони до конца не выяснены. (Козловская, 2015). Не ясно, какие именно гены или блоки генов ответственны в генотипе яблони за зимостойкость, в скольких хромосомах они расположены, сцеплены ли они с другими генами (Кичина, 1999).

Несмотря на это, селекция и получение новых зимостойких сортов яблони успешно проводится на основе общих генетических представлений по аналогии с другими количественными признаками (Кичина, 1999).

Большинство селекционеров, основываясь на гибридологическом анализе различных потомств, установили, что признак зимостойкости у яблони является полигенным и наследуется по типу других количественных признаков (Шидаков, 1991; Савельев, 1998; Седов, 2005).

Кроме того, было установлено, что уровень компонентов зимостойкости наследуется в потомстве «не разбавляясь» в генерациях, а в отдельных комбинациях выщепляются трансгрессивные генотипы со стабильным уровнем устойчивости, превосходящие по устойчивости родительские формы (Кичина, 1999).

В потомствах с контрастными по зимостойкости родителями, также выявлено преобладающее влияние на этот признак аддитивных генных эффектов при незначительном вкладе доминантных и эпистатических взаимодействий. Это позволяет селекционерам при создании устойчивых генотипов вести подбор родительских пар по фенотипу (Казаков, 1989; Шидаков, 1991; Савельев, 1998).

Оценку зимостойкости плодовых растений, в том числе и подвоев, проводят как полевым методом после контрольных зим, так и лабораторным, после искусственного промораживания (Будаговский, 1975; Трунова, 1983; Кривощёкова, 1997; Василенко и др., 1998; Верзилин и др., 2001; Папихин и др., 2014).

За рубежом, в Канаде и США при отборе зимостойких форм подвоев, также используют метод искусственного промораживания (Prive et al., 1997; Prive et al., 2006; Moran et al., 2011).

Вместе с тем, окончательную оценку зимостойкости подвоя селекционеры Женевской опытной станции дают по результатам его 12-летнего изучения в саду (Fazio et al., 2005).

По данным В.И. Будаговского (1975) и Н.Н. Гусевой (1997) больше всего зимостойких гибридов выщепляется в семьях с участием таких гибридов как 49-290, 13-14, 57-146, сортов Налив алый, Июльское Черненко, Грушовка московская, различных форм китаек, яблони сибирской и Недзвецкого. В их потомстве получено от 4,5 до 19,5% зимостойких слаборослых форм. Таким

образом, для максимального выхода в потомстве трансгрессивных по зимостойкости генотипов, необходимо, чтобы, как минимум один из родителей характеризовался как высокозимостойкий. В комбинациях, полученных от межсортовых скрещиваний типа «зимостойкий х незимостойкий» было отобрано до 12,6% трансгрессивных форм с уровнем устойчивости не ниже зимостойкого сорта Летнее полосатое (Савельев,1998).

В наших исследованиях мы использовали, как полевой, так и лабораторный методы оценки данного свойства, что, на наш взгляд, позволит более объективно выделить генетические источники зимостойкости среди клоновых подвоев яблони.

Изучение зимостойкости подвоев в маточнике вертикальных отводков по методике Галкина (1970) даёт возможность оценить способность растений реагировать на различные неблагоприятные факторы зимнего периода (перепады температуры после оттепелей, влияние ледяной корки и, как следствие, выпревание и т.д.) Средняя многолетняя балльная оценка данного показателя в маточнике позволит выявить подвойные формы, устойчивые к различного типа зимним повреждениям в естественных условиях обитания.

Маточные кусты незимостойких или слабозимостойких форм имеют тенденцию к гибели и выпадению в течение нескольких неблагоприятных зим. Так, в 80-е годы в коллекции конкурсного маточника лаборатории слаборослых подвоев находились на изучении ряд интродуцированных форм (М9, ММ106, А2 и др.), отличающихся недостаточной зимостойкостью в нашей климатической зоне (Филиппова,1989). К началу 2000-х годов все они отсутствовали в коллекции по причине естественной гибели и постепенного полного выпадения маточных кустов. Таким образом, произошла отбраковка наименее зимостойких генотипов на естественном климатическом фоне.

По данным А.Т. Коваля (1994), при изучении подвоев в коллекционном маточнике в условиях Львовской области Украины в суровую зиму 1987/88 годов полностью вымерзли корни, образовавшиеся на головках маточных кустов подвоев М7, М4, М9, ММ102, ММ106, ММ111 и другие из серии М и ММ. У

подвоев М26 и Дусен Марголина были повреждены лишь обрастающие корни. Подвои селекции Мичуринского ГАУ 54-118, 57-233, 57-490, 62-396, 57-491 не имели повреждений (Коваль, 1994).

Результаты оценки зимостойкости изучаемых форм в условиях конкурсного маточника представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Зимостойкость подвоев в маточнике 2004 – 2007 гг.

№	Подвой	Происхождение	Зимостойкость, балл				
			2004	2005	2006	2007	Средн.
1	2	3	4	5	6	7	8
Полукарлики							
1	75-1-9	М27 х 57-233	5,0	5,0	3,0	5,0	4,5
2	75-1-16	М27 х 57-233	4,0	3,7	3,0	4,0	3,7
3	75-1-19	М27 х 57-233	4,0	3,5	3,0	4,0	3,6
<b>4</b>	<b>75-1-25</b>	<b>М27 х 57-233</b>	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,7</b>
5	75-1-44	М27 х 57-233	5,0	4,0	3,0	4,0	4,0
<b>6</b>	<b>75-1-47</b>	<b>М27 х 57-233</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>
7	75-1-64	М27 х 57-233	5,0	5,0	3,0	5,0	4,5
8	75-1-89	М27 х 57-233	5,0	4,7	3,0	4,0	4,2
9	75-1-104	М27 х 57-233	4,0	4,5	3,0	4,0	3,9
10	75-1-154	М27 х 57-233	4,0	4,5	4,0	4,0	4,1
11	75-6-8	-	5,0	3,8	2,0	4,0	3,7
12	75-8-1	А2 х ПБ	4,0	4,3	2,0	4,0	3,6
13	75-11-280	М9 х св.оп.	4,0	3,0	4,0	4,0	3,8
<b>14</b>	<b>75-19-1</b>	-	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,5</b>	<b>4,6</b>
15	75-19-11	-	4,0	4,0	2,5	4,0	3,6
16	76-2-1	М26 х ПБ	5,0	4,0	4,0	5,0	4,5
17	76-9-40	М26 х 57-344	5,0	5,0	4,0	4,0	4,5
<b>18</b>	<b>76-10-9</b>	<b>М. sieboldii х ПБ</b>	<b>5,0</b>	<b>4,7</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,9</b>
<b>19</b>	<b>76-13-6</b>	<b>М27 х 57-366</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>
<b>20</b>	<b>76-16-15</b>	<b>57-146 х 57-545</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>
21	76-19-1	57-233 х ПБ	5,0	5,0	3,0	4,0	4,3
22	76-19-10	57-233 х ПБ	4,0	4,0	3,0	4,0	3,8
23	76-19-26	57-233 х ПБ	5,0	4,8	3,0	4,0	4,2
24	76-19-59	57-233 х ПБ	5,0	5,0	3,0	5,0	4,5
25	76-20-14	ПБ х 57-490	4,0	3,0	2,0	4,0	3,3
<b>26</b>	<b>76-23-1</b>	<b>М27 х 57-146</b>	<b>5,0</b>	<b>3,3</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,6</b>
27	76-23-2	М27 х 57-146	5,0	5,0	2,0	4,0	4,0
28	76-23-8	М27 х 57-146	4,0	5,0	3,0	3,0	3,8
<b>29</b>	<b>85-2-11</b>	<b>3-4-98 х 54-118</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>
<b>30</b>	<b>85-5-28</b>	-	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>31</b>	<b>87-1-48</b>	<b>69-21-5 х ПБ</b>	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,7</b>
<b>32</b>	<b>87-7-12</b>	<b>54-118 х ПБ</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>
<b>33</b>	<b>88-3-32А</b>	-	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,5</b>	<b>4,6</b>
<b>34</b>	<b>97-1-6</b>	-	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>
<b>35</b>	<b>97-2-3</b>	<b>67-133(32) х 67-5(32)</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>
<b>36</b>	<b>97-2-8</b>	<b>67-133(32) х 67-5(32)</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,8</b>
37	98-1-16	57-476 х 58-211	4,0	4,5	4,0	4,0	4,1
38	98-3-16	57-157 х св.оп.	5,0	4,5	4,0	-	4,5
<b>39</b>	<b>54-118(к)</b>	<b>ПБ х 13-14</b>	<b>5,0</b>	<b>4,5</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,6</b>
Карлики							
1	75-1-37	М27 х 57-233	5,0	4,0	3,0	4,0	4,0
<b>2</b>	<b>75-1-51</b>	<b>М27 х 57-233</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>
3	75-1-62	М27 х 57-233	5,0	5,0	3,0	4,0	4,3
4	75-1-69	М27 х 57-233	4,0	4,5	-	5,0	4,5
5	75-4-4	ПБ х 54-118	5,0	3,0	3,0	4,5	3,9
6	75-10-134	-	4,0	4,0	3,0	4,0	3,8
7	75-11-23	М9 х св.оп.	5,0	4,6	5,0	4,0	4,7
8	75-11-194	М9 х св.оп.	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
<b>9</b>	<b>75-11-232</b>	<b>М9 х св.оп.</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>
10	75-12-23	-	5,0	4,0	3,0	5,0	4,3
11	76-3-6	М27 х ПБ	5,0	4,0	3,0	4,0	4,0
12	76-4-4	ПБ х 54-118	4,0	3,7	3,0	4,0	3,7
<b>13</b>	<b>МБ</b>	<b>57-344 х 57-490</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>
<b>14</b>	<b>76-6-13</b>	<b>57-344 х 57-490</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>
<b>15</b>	<b>76-8-13</b>	<b>ПБ х 57-545</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>
16	76-8-14	ПБ х 57-545	4,0	3,0	3,0	4,0	3,5
17	76-9-54	М26 х 57-344	4,0	4,0	3,0	5,0	4,0
18	76-9-65	М26 х 57-344	5,0	4,0	3,0	4,0	4,0
19	76-10-8	М. sieboldii х ПБ	4,0	4,3	4,0	5,0	4,3
<b>20</b>	<b>76-16-11</b>	<b>57-146 х 57-545</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>
21	76-19-6	57-233 х ПБ	5,0	4,3	4,0	4,0	4,3
22	83-1-15	64-143 х 54-118	5,0	4,3	4,0	4,0	4,3
23	84-1-17	-	5,0	4,0	4,0	4,0	4,3
24	85-11-9	70-5-10 х 54-118	5,0	4,4	3,0	5,0	4,4
25	86-6-12	-	4,0	4,2	5,0	4,0	4,3
26	97-5-53	70-5-10 х 60-160	5,0	4,5	4,0	4,0	4,4
27	98-4-12	54-118 х 67-133(32)	5,0	5,0	4,0	4,0	4,5
<b>28</b>	<b>62-396(к)</b>	<b>ПБ х 13-14</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>

По данным наших исследований, наиболее высокозимостойкими формами в условиях маточника были среди полукарликов: 75-1-25, 75-1-47, 75-19-1, 76-10-9, 76-13-6, 76-16-15, 76-23-1, 85-2-11, 85-5-28, 87-1-48, 87-7-12, 88-3-32А, 97-1-6, 97-2-3, 97-2-8; среди карликов: 75-1-51, 75-11-232, МБ, 76-6-13, 76-8-13, 76-16-11. Их средние многолетние показатели зимостойкости были на уровне контрольных вариантов и выше.

Насаждения яблони сильно пострадали в зимний период 2005/2006 года. В это время в окрестностях Мичуринска наблюдались продолжительные морозы с понижением температуры воздуха до минус 37,8°С, а температура на уровне снежного покрова в низинах опускалась до минус 42°С. Таким образом, зима 2005/2006 стала «контрольной» для многих сортов плодовых культур. Весной 2006 года нами были проведены учёты степени подмерзания деревьев корнесобственных подвоев яблони в гибридном саду (табл. 6).

Таблица 6 – Степень подмерзания гибридов (деревьев) после зимы 2005-2006 гг.

№	Гибридная форма	Происхождение гибридных форм	Степень повреждения коры, балл	Подмерзание древесины, балл	Вымерзание ветвей, балл	Общая степень подмерзания, балл
1	2	3	4	5	6	7
<b>1</b>	<b>54-118</b>	<b>ПБ х 13-14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
2	57-157	Июльское х ПБ	0	1	0	1
<b>3</b>	<b>57-478</b>	-	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
4	57-499	9 х 13-14	1	2	0	1
<b>5</b>	<b>57-545</b>	<b>9 х 13-14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
6	60-160	ПБ х 49-290	2	2	1	2
<b>7</b>	<b>60-174</b>	-	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
8	62-223	Анока х ПБ	0	1	1	1
<b>9</b>	<b>64-105</b>	<b>ПБ в кроне МЗ</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>10</b>	<b>64-143</b>	<b>ПБ х 49-490</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>11</b>	<b>64-194</b>	<b>13-14 х Налив алый</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>12</b>	<b>67-1-19</b>	-	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>13</b>	<b>67-2(30)</b>	<b>№ 118 х 57-233</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>14</b>	<b>67-5(32)</b>	<b>54-83 х св.оп.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
15	67-100(30)	-	1	0	1	1

## Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7
16	67-114(30)	№118 х 57-233	0	0	1	1
17	67-133(32)	54-83 х св.оп.	2	2	1	2
18	69-4-450	ПБ х Недзвецк.	2	3	1	3
<b>19</b>	<b>69-16-31</b>	<b>ПБ х 57-233</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>20</b>	<b>69-21-5</b>	<b>Кит.кр.поздн. х 57-344</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>21</b>	<b>69-28-5</b>	<b>58-257 х ПБ</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>22</b>	<b>70-6-8</b>	<b>54-83 х 57-344</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
23	70-20-20	57-469 х 57-344	0	0	1	1
<b>24</b>	<b>70-20-21</b>	<b>57-469 х 57-344</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>25</b>	<b>71-3(62)</b>	<b>58-257 х ПБ</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>26</b>	<b>71-3-150</b>	<b>58-257 х ПБ</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>27</b>	<b>71-4-5</b>	<b>57-91 х 57-146</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
28	72-4-3	-	0	3	0	3
29	72-12-8	-	1	0	1	1
30	73-9-3	57-545 х 57-366	0	1	0	1
31	75-1-9	М27 х 57-233	1	4	3	4
<b>32</b>	<b>75-1-19</b>	<b>М27 х 57-233</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>33</b>	<b>75-1-25</b>	<b>М27 х 57-233</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
34	75-1-37	М27 х 57-233	0	0	1	1
<b>35</b>	<b>75-1-44</b>	<b>М27 х 57-233</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
36	75-1-64	М27 х 57-233	0	2	1	2
37	75-1-65	М27 х 57-233	1	2	1	2
38	75-1-154	М27 х 57-233	0	0	1	1
39	75-10-134	-	1	1	1	1
40	75-11-194	М9 х св.оп.	1	2	1	1
41	75-19-11	-	2	2	4	4
42	76-3-6	М27 х ПБ	0	1	0	1
43	76-8-13	ПБ х 57-545	0	1	1	1
44	76-8-43	ПБ х 57-545	3	2	2	3
45	76-9-54	М26 х 57-344	2	1	1	1
46	76-16-15	57-146 х 57-545	0	1	0	1
47	76-19-1	57-233 х ПБ	4	5	4	4
48	76-19-10	57-233 х ПБ	1	1	1	1
<b>49</b>	<b>76-20-14</b>	<b>ПБ х 57-490</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
50	76-23-10	М27 х 57-146	1	1	1	1
51	85-2-11	3-4-98 х 54-118	1	2	0	1
<b>52</b>	<b>85-5-28</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>53</b>	<b>85-11-9</b>	<b>70-5-10 х 54-118</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7
54	86-6-12	-	0	1	0	1
55	87-1-48	69-21-5 х ПБ	0	0	1	1
56	88-10-128	57-146 х 54-118	1	2	1	2
57	98-1-16	57-476 х 58-211	3	3	3	3
<b>58</b>	<b>98-2-8А</b>	-	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>59</b>	<b>98-3-16</b>	<b>57-157 х св.оп.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
60	ПБ	М8 х Красный штандарт	0	1	0	1

По результатам наблюдений, в саду не имели повреждений следующие формы: 54-118, 57-478, 57-545, 60-174, 64-105, 64-143, 64-194, 67-1-19, 67-2(30), 67-5(32), 69-16-31, 69-21-5, 69-28-5, 70-6-8, 70-20-21, 71-3-62, 71-3-150, 75-1-19, 75-1-25, 75-1-44, 76-20-14, 85-5-28, 85-11-9, 98-2-8А, 98-3-16.

### **3.2. Оценка зимостойкости слаборослых клоновых подвоев яблони по результатам искусственного промораживания**

Одним из факторов, определяющих выживаемость растений яблони в той или иной зоне, является способность выдерживать низкие температуры в середине зимовки. В связи с этим, при подборе исходных родительских форм в селекции на зимостойкость важно учитывать их генетический потенциал устойчивости к низким минимальным температурам (Савельев, 1998). Для этого было проведено искусственное промораживание однолетних побегов клоновых подвоев.

Были выявлены существенные различия по устойчивости однолетних побегов различных исходных форм клоновых подвоев к низким отрицательным температурам в середине зимовки (2-й компонент). У яблони наиболее сильно повреждается в этот период ксилема (Савельев, 1998; Кичина, 1999). По нашим данным, минимальную степень подмерзания ксилемы (до 1,5 баллов) имели следующие подвои: 64-143, 69-21-5, 70-20-21, 85-5-28, 67-2(30), 67-5(32), 71-3(62), 64-194 (табл. 7).

Таблица 7 – Степень подмерзания однолетних побегов при -39°C

№	Гибридная форма	Происхождение гибридных форм	Степень повреждения коры, балл	Подмерзание камбия, балл	Степень подмерзания древесины, балл	Степень подмерзания сердцевинны, балл
1	2	3	4	5	6	7
1	64-143	ПБ х 49-490	0,5	0,2	1,5	3,1
2	69-21-5	Кит.кр.поздн. х 57-344	0,5	0,3	1,5	3,0
3	70-20-21	57-146 х 57-545	0,5	0,3	1,5	2,6
4	85-5-28	-	0,5	0,5	1,5	2,9
5	67-2(30)	№ 118 х 57-233	0,5	0,8	1,5	2,8
6	67-5(32)	54-83 х св.оп.	0,9	0,9	1,5	3,2
7	71-3(62)	58-257 х ПБ	0,5	0,3	1,5	2,8
8	64-194	13-14 х Налив алый	0,7	0,3	1,5	3,2
9	67-100(30)	-	0,5	0,3	1,7	2,5
10	69-16-31	ПБ х 57-233	1,0	0,8	1,7	3,8
11	69-28-5	58-257 х ПБ	0,9	0,7	1,7	2,8
12	71-3-150	58-257 х ПБ	0,5	0,5	1,7	2,8
13	62-223	Анока х ПБ	0,7	0,3	1,9	3,3
14	76-16-15	57-469 х 57-344	0,5	0,5	1,9	2,9
15	72-12-8	-	0,8	0,8	2,0	3,9
16	67-133(32)	54-83 х св.оп.	0,7	0,5	2,2	3,2
17	71-4-5	57-91 х 57-146	0,3	0,4	2,2	3,0
18	57-545	9 х 13-14	1,0	0,5	2,2	3,1
19	85-11-9	70-5-10 х 54-118	0,8	0,8	2,3	3,3
20	67-1-19	-	0,5	0,8	2,5	3,5
21	67-114(30)	№118 х 57-233	0,5	0,5	2,5	3,0
22	98-3-16	57-157 х св.оп.	0,8	0,8	2,6	3,8
23	60-174	-	1,3	1,0	2,8	3,2
24	70-6-8	54-83 х 57-344	0,8	0,8	2,8	3,5
25	76-8-13	ПБ х 57-545	0,9	0,9	2,8	3,9
26	85-2-11	3-4-98 х 54-118	0,9	0,8	2,8	3,7
27	87-1-48	69-21-5 х ПБ	1,0	1,0	2,8	4,0
28	98-2-8А	-	0,8	0,8	2,8	3,3
29	64-105	ПБ в кроне МЗ	0,8	0,5	2,9	3,8
30	88-10-128	57-146 х 54-118	1,0	1,0	2,9	4,1
<b>31</b>	<b>54-118</b>	<b>ПБ х 13-14</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>	<b>2,9</b>	<b>4,5</b>
32	57-478	-	1,4	2,0	3,0	3,5
33	60-160	ПБ х 49-290	1,1	1,0	3,0	3,5

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7
34	73-9-3	57-545 x 57-366	0,9	0,8	3,0	3,6
35	76-3-6	М27 x ПБ	1,0	1,0	3,0	4,1
36	76-20-14	ПБ x 57-490	1,0	1,0	3,0	4,0
37	75-10-134	-	1,4	1,3	3,1	4,0
38	76-23-10	М27 x 57-146	1,0	1,0	3,1	4,0
39	57-157	Июльское x ПБ	1,2	1,2	3,2	4,5
40	75-1-25	М27 x 57-233	1,1	0,9	3,2	4,2
41	75-1-154	М27 x 57-233	1,1	0,8	3,2	3,9
42	57-499	9 x 13-14	2,0	2,0	3,3	3,5
43	75-1-37	М27 x 57-233	1,0	1,0	3,3	4,5
44	75-1-44	М27 x 57-233	1,0	1,0	3,3	4,5
45	75-1-65	М27 x 57-233	1,1	1,1	3,3	4,2
46	70-20-20	57-469 x 57-344	1,0	1,0	3,5	4,0
47	76-9-54	М27 x 57-233	1,0	1,0	3,5	4,2
48	75-11-194	М9 x св.оп.	1,2	1,2	3,5	4,2
49	76-8-43	ПБ x 57-545	1,0	1,0	3,5	4,0
<b>50</b>	<b>ПБ</b>	<b>М8 x Красный штандрт</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>3,5</b>	<b>4,2</b>
51	76-19-10	57-233 x ПБ	1,2	1,3	3,6	4,2
52	98-1-16	57-476 x 58-211	1,1	0,9	3,6	4,3
53	69-4-450	ПБ x Недзвецк.	2,1	2,0	3,7	4,5
54	72-4-3	-	1,0	1,0	3,7	4,0
55	75-1-64	М27 x 57-233	1,2	1,3	4,0	4,6
56	75-19-11	-	1,3	1,5	4,0	4,6
57	75-1-19	М26 x 57-344	1,8	1,5	4,0	4,6
58	76-19-1	57-233 x ПБ	1,5	1,5	4,1	4,8
59	75-1-9	М27 x 57-233	1,2	1,5	4,2	4,6
60	86-6-12	-	1,5	1,6	4,3	4,8

Для подвоя более важной характеристикой является зимостойкость его корневой системы, чем надземной части, хотя, как правило, зимостойкость надземной части напрямую эквивалентна зимостойкости корней.

Промораживание корней клоновых подвоев яблони в морозильной установке позволяет изучать их морозостойкость в контролируемых условиях, при критических температурах, что даёт возможность селекционерам вести отбор по этому важному признаку.

Труновой В.А. (1983) проведена большая исследовательская работа по отработке методических сторон промораживания корней клоновых подвоев. Она установила, что наиболее удобными для анатомической оценки подмерзания и последующей восстановительной способности корней являются корни длиной 10-15 см, диаметром 5-6 мм, с глубины 20-25см. Наиболее оптимальной является температура промораживания минус 14<sup>0</sup> и минус 16<sup>0</sup>С, так как при минус 12<sup>0</sup>С повреждения отсутствуют, а при минус 18<sup>0</sup>С они слишком сильные и также не дают представления о степени морозостойкости (Трунова, 1983). Общую степень подмерзания корневой системы мы выражали в условных единицах (по В.И. Будаговскому, 1975) (табл. 8).

Таблица 8 – Степень подмерзания корней при минус 16<sup>0</sup>С

№	Гибридная форма	Происхождение гибридных форм	Степень повреждения коры, балл	Подмерзание камбия, балл	Степень подмерзания древесины, балл	Степень подмерзания сердцевины, балл	Условные единицы
1	2	3	4	5	6	7	8
1	67-2(30)	№ 118 х 57-233	0,5	0	1,0	1,0	10,0
2	67-100(30)	-	0,5	0	1,0	1,0	10,0
3	69-21-5	Кит.кр.поздн. х 57-344	0,5	0	1,0	1,0	10,0
4	71-3(62)	58-257 х ПБ	0,5	0,5	0,5	1,0	10,0
5	71-3-150	58-257 х ПБ	0,5	0	1,0	1,0	10,0
6	70-20-21	57-146 х 57-545	0,5	0	1,0	1,2	10,8
7	64-143	ПБ х 49-490	0,8	0	0,8	1,0	11,2
8	67-5(32)	9 х 13-14	0,8	0	1,0	1,0	11,8
9	85-5-28	-	0,8	0	1,0	1,0	11,8
10	62-223	Анока х ПБ	0,6	0	1,0	1,0	13,6
11	85-11-9	70-5-10 х 54-118	0,5	1,0	1,0	1,0	16,0
12	67-133(32)	54-83 х св.оп.	0,7	0,8	1,0	1,0	16,8
13	57-545	54-83 х св.оп.	0,5	1,0	1,0	1,0	17,0
14	76-16-15	57-469 х 57-344	0,5	1,0	1,0	1,0	17,0
15	71-4-5	57-91 х 57-146	0,5	1,0	1,0	1,0	17,0
16	70-6-8	54-83 х 57-344	0,7	1,0	1,0	1,0	18,2
17	67-114(30)	№118 х 57-233	0,8	1,0	1,0	1,0	18,8
18	76-8-13	ПБ х 57-545	0,5	0,5	1,5	2,0	19,0
<b>19</b>	<b>54-118</b>	<b>ПБ х 13-14</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>20,0</b>
20	60-160	ПБ х 49-290	1,0	1,0	1,0	1,0	20,0
21	60-174	-	1,0	1,0	1,0	1,0	20,0
22	64-105	ПБ в кроне МЗ	1,0	1,0	1,0	1,0	20,0

## Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8
23	64-194	13-14 х Налив альный	1,0	1,0	1,0	1,0	20,0
24	69-16-31	ПБ х 57-233	1,0	1,0	1,0	1,0	20,0
25	98-2-8А	-	1,0	1,0	1,0	1,0	20,0
26	57-499	9 х 13-14	1,2	1,0	2,2	2,0	21,6
27	69-28-5	58-257 х ПБ	1,0	1,0	1,3	1,5	22,9
28	57-157	Июльское х ПБ	1,0	1,0	2,0	1,0	23,0
29	57-478	-	1,0	1,0	2,0	1,0	23,0
30	67-1-19	-	1,0	1,0	1,2	1,6	23,0
31	87-1-48	69-21-5 х ПБ	1,0	0,5	2,0	2,0	23,5
32	76-20-14	ПБ х 57-490	1,2	1,0	1,5	1,5	24,7
33	98-3-16	57-157 х св.оп.	1,2	0,8	2,0	2,0	26,0
34	72-12-8	-	1,5	1,5	1,0	1,0	26,5
35	75-1-44	М27 х 57-233	1,0	1,0	2,0	2,0	27,0
36	75-1-37	М27 х 57-233	1,5	1,0	1,5	2,0	28,5
37	76-23-10	М27 х 57-146	1,5	1,2	1,5	1,7	28,7
38	85-2-11	3-4-98 х 54-118	1,0	1,0	2,0	2,5	29,0
39	70-20-20	57-469 х 57-344	1,5	1,1	2,2	1,5	29,3
40	76-9-54	М27 х 57-233	1,5	1,0	2,0	2,0	30,0
41	88-10-128	57-146 х 54-118	1,5	1,0	2,0	2,0	30,0
42	73-9-3	57-545 х 57-366	1,2	1,3	2,0	2,0	30,3
43	76-3-6	М27 х ПБ	1,0	1,0	2,5	2,5	30,5
44	69-4-450	ПБ х Недзвецк.	1,2	1,5	2,0	2,0	31,7
45	75-11-194	М9 х св.оп.	1,6	1,2	2,0	2,2	32,8
46	75-1-154	М27 х 57-233	1,5	1,5	2,0	2,0	33,5
47	75-1-25	М27 х 57-233	1,8	1,5	2,0	2,0	35,3
48	98-1-16	57-476 х 58-211	1,5	1,5	2,0	2,5	35,5
49	72-4-3	-	2,0	1,5	2,0	2,0	36,5
50	75-1-65	М27 х 57-233	2,0	1,5	2,2	2,0	37,1
51	76-8-43	ПБ х 57-545	1,8	1,5	2,0	2,5	37,3
52	76-19-10	57-233 х ПБ	1,8	1,0	2,5	3,0	37,3
<b>53</b>	<b>ПБ</b>	<b>М8 х Красный штандарт</b>	<b>2,0</b>	<b>1,7</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>37,9</b>
54	75-1-64	М27 х 57-233	2,0	2,0	2,0	2,0	40,0
55	75-10-134	-	2,0	2,0	2,0	2,0	40,0
56	75-19-11	-	2,2	1,5	2,5	2,5	41,2
57	75-1-19	М26 х 57-344	2,0	2,0	2,5	2,5	41,5
58	76-19-1	57-233 х ПБ	2,5	1,6	2,5	2,8	44,9
59	75-1-9	М27 х 57-233	2,5	2,0	3,0	2,5	48,0
60	86-6-12	-	2,5	2,5	3,0	3,0	53,5

Наиболее высокой степенью зимостойкости корневой системы при минус 16<sup>0</sup>С характеризовались подвой 67-2(30), 67-100(30), 69-21-5, 71-3(62), 71-3-150,

70-20-21, 64-143, 67-5(32), 85-5-28. Они имели общую степень подмерзания от 10 до 11,8 условных единиц.

Проведённое комплексное изучение устойчивости исходных форм подвоев яблони к низким температурам позволило определить их генетический потенциал и уровни устойчивости различных тканей к низким температурам. Важной характеристикой вида является уровень морозоустойчивости проводящей системы и камбия, обеспечивающих регенерационную способность растений (Гоголева и др., 1976). В закалённом состоянии уровень морозостойкости тканей коры и камбия выше, чем ксилемы.

Проведённые полевые и лабораторные исследования зимостойкости клоновых подвоев яблони позволили выделить подвойные формы с высоким и стабильным уровнем морозостойкости, как в естественных, так и в искусственных условиях. Формы 70-20-21, 85-5-28, 67-2(30), 64-143, 67-5(32), 69-21-5, 71-3-150 могут служить ценным исходным материалом в селекции на зимостойкость в качестве генетических источников данного признака.

## ГЛАВА 4. СЕЛЕКЦИЯ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ НА СДЕРЖАННЫЙ РОСТ (СЛАБОРОСЛОСТЬ)

### 4.1. Особенности гормонального баланса у подвоев разной силы роста

Сады на слаборослых клонových подвоях являются основой современного садоводства. Именно признаки слаборослости и скороплодности являются фундаментальными преимуществами таких деревьев и обуславливают их пригодность к современным интенсивным технологиям.

По мнению ряда авторов (Ушкалов, 1969; Булычѐв, 1990), сила роста надземной части привитых деревьев определяется величиной корневой системы подвоя, которая, в свою очередь, обусловлена генетически.

В то же время, на размеры, рост и строение корневой системы влияет и прививаемый сорт (Будаговский, 1953; Крысанов, 1966; Нестеров, 1968; Захарченко, 1968; Адаскалицкий, Даду, 1986; Полянский, 2001; Суворов, 2001; Пепелянков, Хасан, 1993).

Однако, подвой сохраняет основные закономерности в построении корневой системы, свойственные ему в непривитом состоянии. Считается, что характер роста привитых плодовых деревьев больше зависит от силы роста подвоя (Будаговский, 1959, 1976; Касьяненко, 1963; Трусевич, 1964; Трачев, 1982; Schmadlack, 1970).

Ограничения силы роста привитых деревьев, достигаемого с помощью прививки на карликовые и полукарликовые подвои, невозможно добиться никакими другими агротехническими приѐмами. Таким образом, отбор карликовых и полукарликовых форм является одним из ключевых моментов в селекции клонových подвоев яблони.

У многих культурных растений существуют генетически карликовые формы. У яблони также выделено несколько типов генетически обусловленной карликовости (Жданов, Седов, 1986; Жданов, Седов, 1991; Кичина, 1992;

Савельев, 1998; Кашин, 2000; Decortye, 1967; Alston, 1976; Brown, 1992; Alston et al., 2000).

У яблони выделяют пять типов карликовости, контролируемых восемью генами (Alston et al., 1976, 2000; Decortye, 1967, Brown, 1992; Савельев, 1998).

Новозеландскими исследователями был идентифицирован ген карликовости Dw1 у карликового подвоя М9 (Rusholme, Pilcher, 2008). Генетическое картирование данного гена - важный шаг в объяснении механизма карликовости слаборослых клоновых подвоев, многие из которых были получены с участием М9. В настоящее время у подвоев выявлены также локусы расположения генов карликовости Dw2 и Dw3 (Harrison et al., 2016)

Таким образом, признак силы роста у яблони имеет полигенную природу. Преобладающее влияние на него оказывают гены с аддитивным действием, но также могут быть доминантные и эпистатические эффекты (Савельев, 1998).

В селекционной работе с клоновыми подвоями важное значение имеет выявление различий (морфологических, биохимических и др.), связанных с их силой роста. Установление таких различий, позволяет на ранних этапах селекционного процесса вести отбор генотипически нужных селекционеру подвойных форм, отличающихся слабым ростом и скороплодностью. Выявление таких различий лучше проводить в маточнике или первом поле питомника, когда подвои находятся на начальных этапах роста и развития.

Изучение показателей роста подвоев в питомнике показало, что не всегда карликовые подвои (и сорта, привитые на них) растут слабее, чем полукарликовые и среднерослые. Не является показателем силы роста подвоев и длина их междоузлий, так как среди одной и той же группы роста есть как подвои с укороченными междоузлиями (МБ – суперкарликовый, 62-396 – карликовый), так и с более длинными (57-195 – суперкарликовый, ПБ – карликовый) (табл. 9).

Таблица 9 – Показатели роста подвоев в 1-м поле питомника, 2000г.

Подвои	Сила роста	Длина междоузлий	Высота подвоев
57-195	суперкарликовый	13,2	72,4
МБ	суперкарликовый	8,6	61,1
57-491	карликовый	10,5	70,1
62-396	карликовый	11,8	79,5
ПБ	карликовый	13,5	73,5
69-6-217	карликовый	12,6	75,2
54-118	полукарликовый	12,4	83,8
70-20-20	среднерослый	14,4	90,7
НСР <sub>05</sub>	-	1,2	5,1

Более чёткие различия в связи с силой роста подвоев можно наблюдать по степени интенсивности цветения двухлетних саженцев в 3-м поле питомника (Чаплиева, 1986). Как правило, чем слаборослее подвой, тем интенсивность цветения выше. Вместе с тем, многолетнее изучение на большом количестве подвоев показало, что не все карликовые подвои скороплоднее полукарликовых (Соломатин и др., 2015). Видимо, здесь имеют место гормональные различия, которые более индивидуальны для каждого конкретного генотипа.

На большем количестве подвоев, привитых одним и тем же сортом Северный синап, чёткой зависимости степени цветения от силы роста подвоев не наблюдается (рис.3 и 4).

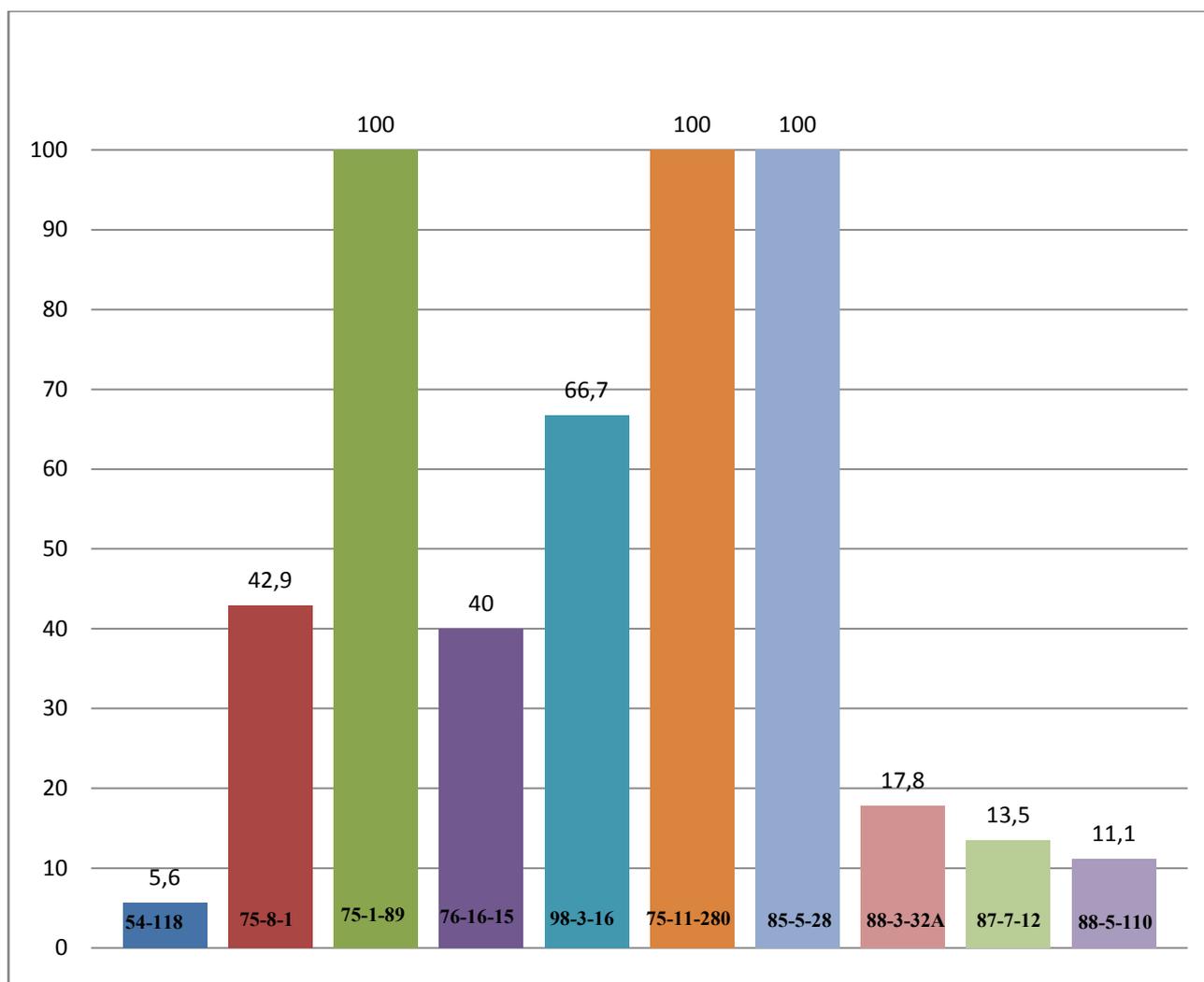


Рисунок3 - Количество цветущих саженцев сорта Северный синап на полукарликовых подвоях, %

Так, 100%-ная интенсивность цветения саженцев была характерна, как для карликовых (МБ, 62-396, 76-3-6) форм, так и для полукарликовых (75-1-89, 75-11-280, 85-5-28). Вместе с тем, среди типичных карликов выделялись формы со слабой интенсивностью цветения саженцев (85-11-9 – 18,7%, 76-4-4 – 40%). В нашей селекционной практике встречались типично карликовые гибриды (69-4-450, 1-1-6 и др.), которые при посадке в гибридный сад 2-х летними корнесобственными саженцами начинали плодоносить на 5-7 год после посадки, в то время, как гибриды, характеризующиеся как полукарликовые, или даже среднерослые (87-3-2, 88-3-32, 85-5-28 и др.), начинали плодоносить на 2-3 год после посадки.

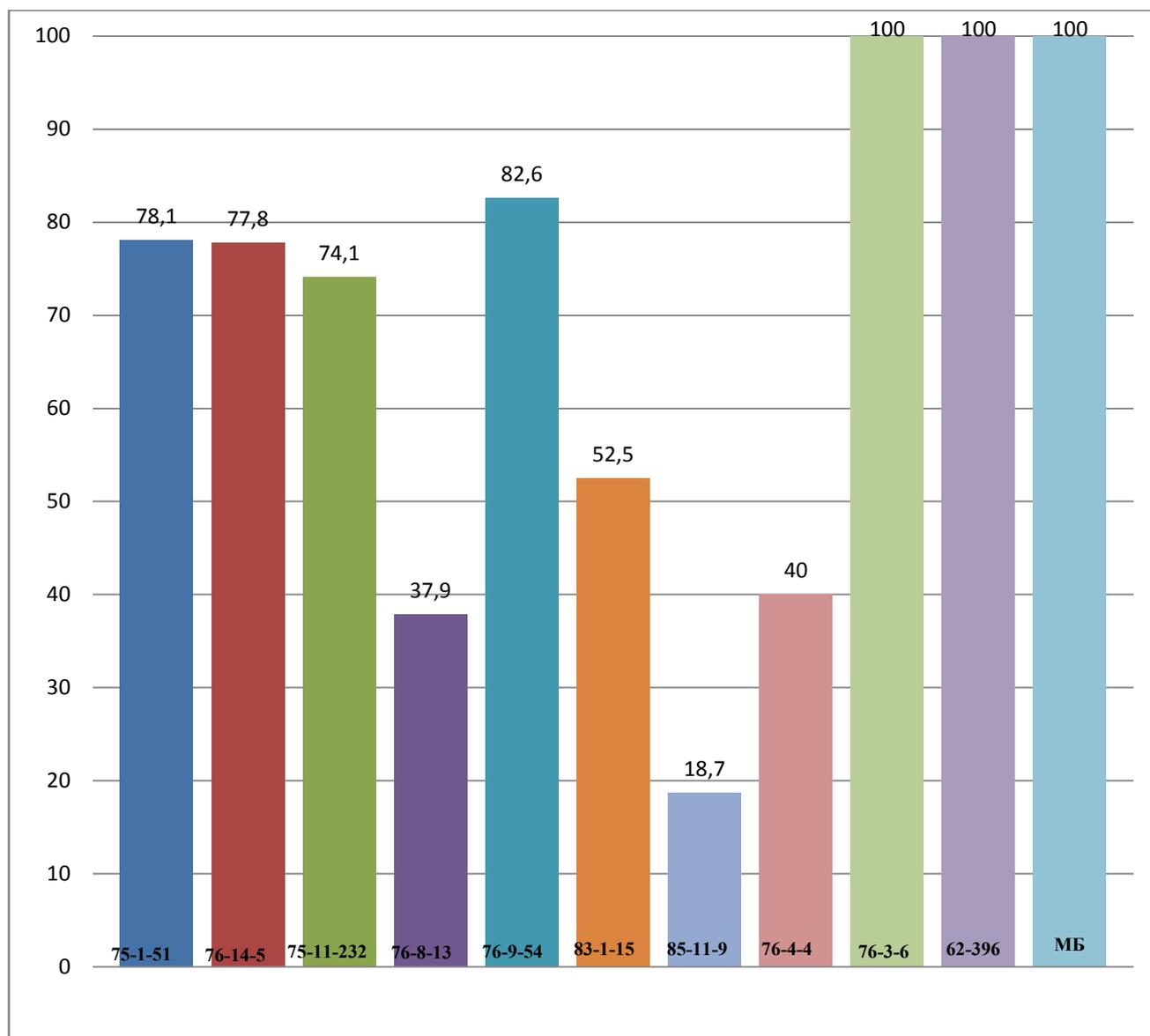


Рисунок4 – Количество цветущих саженцев сорта Северный синап на карликовых подвоях, %

Таким образом, степень скороплодности подвоя не всегда напрямую связана с его силой роста. При отборе новых форм клоновых подвоев и рекомендации их производству степень скороплодности является на наш взгляд более приоритетным показателем, чем степень карликовости.

В основе регуляции роста и развития плодовых растений, лежат взаимодействия, происходящие в их гормональном балансе, который

складывается из двух генетически различных балансов подвоя и привоя. (Фауст, 1989; Кудасов, 1999).

У привитых растений происходит взаимопроникновение гормонов прививочных компонентов, что впоследствии обуславливает дальнейший ход ростовых процессов (Шмадлак, 1983).

В настоящее время различают такие группы фитогормонов, как ауксины, гиббереллины, абсцизовая кислота, цитокинины, этиленбрассиностероиды и системин (Дерфлинг, 1985; Третьяков, и др. 1998; Лутова и др., 2000; Алёхина и др., 2005).

Индолилуксусная кислота (ауксин) играет одну из главных ролей в формировании силы роста у яблони. Уровень ауксинов в коре карликовых подвоев ниже, чем в коре сильнорослых (Miller, 1965; Gur, Samish, 1968). Lockard и Schneider (1981) объясняют это тем, что ИУК, проходя через кору более карликовых подвоев, разрушается (окисляется) более интенсивно, и меньшее ее количество достигает корней, что оказывает влияние на синтез цитокининов в корневой системе и, в конечном счете, ослабляет рост.

Изменение цитокинино-ауксинового баланса влияет на закладку цветковых почек и, как следствие этого, на скороплодность, характерную для деревьев на слаборослых подвоях. Дифференциация почек у яблони и переход их в генеративное состояние сопровождаются увеличением количества цитокининов и уменьшением содержания ИУК, что связывают с более активным ее окислением под воздействием ферментов пероксидазы, полифенолоксидазы и ИУК-оксидазы (Лобода и др., 1974; Верзилов, и др., 1979; Соловьева, 1988).

Для оценки гормональных различий возникает необходимость изучения содержания фитогормонов в различных по силе роста подвоях. Содержание фитогормонов определяли в начальный период роста побегов. Определение проводили в молодых листьях и корнях иммуноферментным методом (Иванова, 1994).

Анализ полученных данных (табл. 10) показывает, что между подвоями разной силы роста существуют значительные различия на гормональном уровне.

Таблица 10 – Содержание основных фитогормонов в корнях и листьях подвоев яблони (нг/г сырой массы)

Подвои	Цитокинины		Ауксины		Абсцизовая кислота	
	корни	листья	корни	листья	корни	листья
Малыш Будаговского	1,7	463,0	5,3	648,0	1,7	462,9
62-396	1,7	78,1	47,2	3,9	3,0	39,0
54-118	18,2	5,7	290,0	1,7	1,82	0,6
70-20-20	423,0	4,2	17,3	12,1	480,8	1,9

По содержанию ауксинов четкой динамики в связи с силой роста не прослеживается. У подвоев 62-396, 54-118 и 70-20-20 наблюдается более высокое содержание ауксинов в подземной части, чем в надземной, и, только у суперкарликового подвоя МБ его содержание в листьях превышает содержание в корневой системе.

По содержанию цитокининов наблюдается более четкая закономерность: с увеличением силы роста подвоев, их содержание в корнях увеличивается, а в надземной части уменьшается. Более высокое содержание цитокининов в листьях карликовых подвоев может указывать на более сильную активизацию ростовых процессов, ускоренное интенсивное нарастание листовой поверхности и надземной части в целом, тогда как более сильнорослые подвои в начальную фазу роста могут несколько уступать карликовым подвоям по темпам роста надземной части. Кроме того, цитокинины, по данным ряда авторов, стимулируют боковое ветвление побегов, а также ускоряют переход к цветению и плодоношению (Фауст, 1989), что также характерно для многих карликовых подвоев.

Более высокий уровень содержания абсцизовой кислоты в надземной части отмечен у карликовых подвоев (462,9 нг/г у МБ и 39 нг/г у 62-396), что подтверждается исследованиями Yadava и Dayton (1972). Наряду с этим, имеются сведения и противоположного характера (Robitaille, Carlson, 1976). Абсцизовая кислота известна, в основном, как ингибитор ростовых процессов (Полевой, 1982). В то же время, рассматривать ее только как непосредственного антагониста

ауксинов, гиббереллинов и цитокининов было бы неправильным, так как её действие на рост растений полифункционально. Известно ее взаимодействие с этиленом и участие в процессе старения (Гребнева, 1995; Mayak, Halevy, 1972; Mayak, Dilly, 1976). Ее содержание может повышаться при водном стрессе (Wright, 1969; Walton et al., 1977). Более высокий уровень содержания абсцизовой кислоты обнаружен у карликовых подвоев в сравнении с более сильнорослыми (Robitaille, Carlson, 1971; Yadava, Dayton, 1972; Yadava, Lockard, 1977; Lee, Looney, 1977 b). Высокие концентрации абсцизовой кислоты могут ингибировать рост (Robitaille, Carlson, 1971), в то время как низкие, наоборот, стимулируют рост, действуя совместно с гибберелловой кислотой (Yadava, Lockard, 1977).

Полученные нами результаты подтверждают положение о том, что действие отдельных фитогормонов увязано в растительных организмах в единую систему. Так, повышение содержания цитокининов в листьях подвоя МБ приводит к повышению содержания ауксина, что ведет к интенсивному росту. Однако, одновременно с синтезом этих гормонов, возрастает и содержание абсцизовой кислоты, образование которой находится под воздействием синтеза этилена. Оба – и этилен, увеличивающий связывание ауксина, и абсцизовая кислота, тормозящая ростовые реакции – ведут к ограничению роста. Очевидно, в ростовой программе этого подвоя относительное повышение цитокинина может быть связано с усилением побегообразования. В корнях подвоя уровень фитогормонов выравненный, и лишь некоторое преобладание ауксина поддерживает ветвление корней. В то же время, у растений 54-118 высокое содержание ауксина в корнях, наряду с цитокининами, обеспечивает их успешную регенерацию.

Таким образом, специфичность действия фитогормонов связана не только с наличием какого-то одного из них, а, в основном, определяется их соотношением.

Это четко видно по гормональному составу подвоя 70-20-20. Здесь высокая концентрация цитокининов в корнях вызывает снижение содержания абсцизовых кислот, благодаря чему в надземных частях начинается активизация меристем. Именно такое соотношение в синтезе приводит к замедлению начала распускания

почек и появлению боковых приростов у подвоев, относящихся к группе среднерослых и сильнорослых.

По данным ряда исследователей у карликовых сеянцев яблони и у деревьев, привитых на карликовые вставки, уровень гиббереллинов во флоэме выше, чем у сильнорослых (Robitaille, Carlson, 1976; Grochowska, 1984). По данным других источников, в корнях карликового подвоя М9 уровень гиббереллинов ниже, чем у более сильнорослого MM111 (Yadava, Lockard, 1977), таким образом, их роль в формировании определённого типа роста не совсем ясна. По-видимому, разные вещества класса гиббереллинов могут оказывать различное влияние на рост.

Известно, что влияние на гормональный баланс оказывает обработка растений экзогенными фитогормонами (Александрова, 1992). При этом обработка сеянцев яблони с укороченными междоузлиями гибберелловой кислотой вызывает их более сильное растяжение по сравнению с сеянцами, имеющими междоузлия нормальной длины (Lee, Looney, 1977a). Для установления характера реакции на экзогенный гиббереллин у клоновых подвоев яблони, нами была проведена обработка гибберелловой кислотой подвоев в первом поле питомника в фазу активного роста. Обработка проводилась однократно в середине июня (табл. 11).

Таблица 11 – Высота растений в 1-м поле питомника при обработке их гибберелловой кислотой, см

Подвои	Малыш Будаговского		62-396		54-118		70-20-20	
	Без обработки ГК <sub>3</sub>	С обработкой ГК <sub>3</sub>						
Даты, показатели								
19.06.	50,7	48,3	43,8	45,6	43,7	44,6	59,8	54,8
Прирост, см/сут	0,127	0,291	0,082	0,300	0,095	0,327	0,091	0,495
11.07.	53,3	54,7	45,6	52,2	45,8	51,8	61,8	65,7
Прирост, см/сут	0,833	0,725	1,058	1,075	1,883	2,42	1,508	1,6
23.07.	63,6	63,4	58,3	65,1	68,4	76,3	79,9	84,9
Прирост, см/сут	0,16	0,18	0,532	0,472	0,66	0,664	0,72	0,852
17.08.	67,3	67,9	71,6	76,9	84,9	92,9	97,9	106,2

Более интенсивный рост под влиянием гиббереллина отмечается в первые 20 дней после обработки, что является характерным, как для суперкарликового подвоя МБ, так и для среднерослого 70-20-20 (табл. 11). В дальнейшем отмечалось выравнивание темпов роста между обработанными и необработанными растениями. Наиболее существенно на обработку гибберелловой кислотой отреагировал среднерослый подвой 70-20-20. Скорость роста через 20 дней после обработки у него составила 0,495 см/сут., а без обработки – 0,091 см/сут. Суперкарликовый подвой МБ менее активно отреагировал на обработку гиббереллином (0,291 см/сут с ГК<sub>3</sub> и 0,127 см/сут без ГК<sub>3</sub>). Подвои 62-396 и 54-118 заняли по этому показателю промежуточное положение.

Из показателей вариантов «без обработки» видно, что карликовые, полукарликовые и среднерослые подвои отличаются друг от друга по срокам и продолжительности отдельных фенофаз. С увеличением силы роста подвоев период активного роста наступает позднее и более растянут. Возможно, что меньшая отзывчивость на обработку гиббереллином карликовых подвоев как раз и связана с тем, что период активного роста у них уже заканчивался, в то время как у более сильнорослых подвоев он только начинался, и влияние ГК<sub>3</sub> на гормональный баланс произошло на разных этапах биосинтеза эндогенных гормонов. То, что более карликовые подвои практически не среагировали на обработку ГК<sub>3</sub>, свидетельствует о том, что гормональный механизм здесь может носить более сложный характер, и не может быть объяснено только недостатком гиббереллинов.

Более детальную характеристику роста растений можно получить, зная сухую массу органов растения и, таким образом, получить картину распределения продуктов фотосинтеза. По данным Парфеновой(1964) под действием гиббереллина у саженцев яблони, наряду с усилением роста побегов, происходит нарастание листовой поверхности, а также усиленное нарастание древесины.

Для выявления реакции на обработку гиббереллином у подвоев яблони, нами через 20 дней после обработки было проведено измерение сухой массы листьев, корней, коры и древесины у обработанных и необработанных растений двух контрастных по силе роста подвоев МБ и 70-20-20 (табл. 12).

Таблица 12 – Распределение ассимилятов у подвоев в 1-м поле питомника после обработки гибберелловой кислотой, %

Органы растения	Кора		Древесина		Корни		Листья	
	С обработкой	Без обработки						
ГК <sub>3</sub> Фактор В								
Подвой Фактор А								
МБ	15,1	12,3	30,2	34,9	29,4	39,4	25,3	13,2
70-20-20	14,0	11,7	43,4	38,8	28,4	39,3	14,2	10,2
НСР <sub>05A</sub>	0,3		1,9		1,8		1,4	
НСР <sub>05B</sub>	0,3		1,9		1,8		1,4	
НСР <sub>05AB</sub>	0,4		2,6		2,6		2,0	

Полученные результаты показывают, что распределение сухой массы между органами растения под воздействием гиббереллина меняется, причем у подвоев разной силы роста это происходит неодинаково. Так, у обоих подвоев, обработанных ГК<sub>3</sub>, происходило увеличение массы коры по сравнению с необработанными, причем у суперкарликового подвоя МБ это выражено несколько сильнее (15,1% с ГК<sub>3</sub>, 12,3% без ГК<sub>3</sub> у МБ; 14% - с ГК<sub>3</sub>, 11,7% - без ГК<sub>3</sub> у 70-20-20). По содержанию же древесины, наоборот, у более сильнорослого подвоя 70-20-20 происходит ее увеличение, в то время как у суперкарликового подвоя процентное отношение древесины уменьшается. Масса листьев у подвоя МБ, обработанного гибберелловой кислотой была почти в 2 раза больше, чем у необработанных (25,3% и 13,2%, соответственно). У 70-20-20 при обработке гиббереллином также отмечается прирост листовой поверхности, но в меньшей

степени (14,2% и 10,2%, соответственно). У обоих подвоев отмечается примерно одинаковое снижение расхода ассимилятов на формирование корневой системы.

Таким образом, под действием гиббереллина у карликовых подвоев происходит более интенсивный отток ассимилятов на формирование коры, уменьшается процентное содержание древесины и почти вдвое увеличивается листовая поверхность, тогда как у более сильнорослых подвоев происходит нарастание древесины, листовая поверхность увеличивается меньше, чем у карликов.

По данным Ф. Уоринга и И. Филлипса (1984) у растений под влиянием гиббереллина идет усиленное образование флоэмы. Такой характер влияния экзогенного гиббереллина может быть связан также и с различиями в деятельности камбия у подвоев разной силы роста (Локонова, 1968).

Полученные нами результаты говорят о том, что этот процесс (особенно сравнение массы коры и древесины в пределах одного подвоя) более выражен у карликового подвоя.

#### **4.2. Особенности распределения ассимилятов у подвоев разной силы роста**

При селекции новых форм клоновых подвоев большое значение придается изучению фотосинтетической активности, как собственно их, так и привитых на них сортов (Vachun, et al., 1976; Соловьева, 1968; Стрелец, 1978).

Предположения о неодинаковой интенсивности фотосинтеза у плодовых деревьев на разных подвоях, в связи с их разной способностью накапливать органические вещества высказывались достаточно давно (Мичурин, 1948; Кобель 1957; Чендлер, 1960)

Одной из важных характеристик растений, влияющих на скорость их роста, является образование, транспорт и распределение ассимилятов между донорными и акцепторными органами (Пьянков, и др., 2000).

Полученные нами данные говорят о влиянии гиббереллина на перераспределение продуктов фотосинтеза у подвоев. Известно и о влиянии на

этот процесс и других групп фитогормнов, в том числе и у плодовых культур (Dong, Tsuin, Hai et al., 1995).

С целью изучения особенностей распределения продуктов фотосинтеза у подвоев разной силы роста, нами было проведено определение сухой массы корней, листьев, древесины и коры (табл. 13).

Таблица 13 – Распределение ассимилятов у подвоев в 1-м поле питомника, %

Подвои \ Органы растения	Кора	Древесина	Корни	Листья
1 декада июня				
Малыш Будаговского	20,4	71,1	3,3	5,2
62-396	19,4	71,7	4,2	4,7
54-118	21,5	71,4	3,6	3,5
70-20-20	20,6	69,8	6,5	3,1
НСР <sub>05</sub>	0,3	1,3	1,5	2,4
2 декада июля				
Малыш Будаговского	13,9	23,3	32,9	29,9
62-396	11,6	28,4	39,4	20,6
54-118	14,4	32,5	34,9	18,2
70-20-20	14,0	38,2	31,2	16,6
НСР <sub>05</sub>	0,3	3,8	2,8	1,8
3 декада августа				
Малыш Будаговского	15,0	31,7	28,9	24,4
62-396	13,4	34,6	29,9	22,7
54-118	12,8	36,0	33,0	18,2
70-20-20	11,7	41,4	35,9	11,0
НСР <sub>05</sub>	0,5	4,2	2,3	3,3

Полученные результаты показывают, что в период после посадки и приживаемости у подвоев основная масса представлена древесиной, на которую приходится от 69,8 до 71,7 % всей сухой массы растений. Масса корней в этот период колеблется в пределах от 3,3-4,2 % у карликовых и полукарликовых подвоев и 6,5 % - у среднерослого подвоя 70-20-20. К середине вегетации в общей массе растений увеличивается доля сухих веществ, расходуемых на формирование корней до 31,2-39,4 % и листьев до 16,6-29,9 %. В то же время, процентное содержание древесины снижается, причем у карликовых и полукарликовых подвоев в большей степени, чем у среднерослых.

Наиболее четко характер различий по распределению продуктов фотосинтеза проявляется к 3-й декаде августа, ко времени окончания ростовых процессов. В этот период по мере увеличения силы роста подвоев, увеличивается процентное содержание древесины и уменьшается процентное содержание коры. Кроме того, чем слабее рост подвоя, тем больше ассимилятов у него расходуется на формирование листового аппарата (11% у 70-20-20; 24,4% у МБ).

Приоритетный характер расхода ассимилятов на формирование коровой части и листовой поверхности может быть связан с более интенсивным формированием надземной системы по сравнению с корневой, следствием которого и является более ранний переход карликовых растений яблони к плодоношению. При этом следует также отметить, что в стеблях слаборослых подвоев отношение массы коры к древесине выше, чем у более сильнорослых (табл. 14).

Таблица 14 – Отношение массы коры к массе древесины в надземной части подвоев в первом поле питомника

Годы исследований Подвои	1999	2000	2001
Малыш Будаговского	-	0,473	0,555
62-396	0,453	0,387	0,417
54-118	0,423	0,356	0,454
70-20-20	0,318	0,283	0,298

Таким образом, уже на втором году жизни (в первом поле питомника) у подвоев разной силы роста продукты фотосинтеза распределяются неодинаково. Для карликовых подвоев свойственно более интенсивное формирование флоэмной части, а для более сильнорослых – ксилемной.

#### **4.3. Диагностика силы роста подвоев яблони с помощью экспресс-методов**

В селекции клоновых подвоев яблони крайне важно на ранних этапах их роста и развития отобрать наиболее ценные формы по комплексу признаков, в том числе и по признаку слаборослости и скороплодности.

Для определения силы роста подвоев яблони используют ряд достаточно различных методик. Исследованиями Л.И. Лотовой (1957) установлено, что анатомическое строение древесины сильно-, средне- и слаборослых форм яблони существенно различается. У карликовых подвоев, по сравнению с сильнорослыми подвоями, более короткие клетки механической ткани (волокна либриформа), длина сегментов, составляющих сосуды, и их диаметр также меньше, количество сосудов и сердцевинных лучей на единицу площади больше, а высота этих лучей меньше. Эти различия и обуславливают большую ломкость древесины у карликовых подвоев, по сравнению с более сильнорослыми (Будаговский, 1955). В связи с этим, существует метод определения силы роста подвоя исходя из степени ломкости его древесины. Критерием ломкости служат ранее изученные подвои с известной силой роста (Филиппова, 1989).

Галкиным В.И. (1969) разработан метод ранней диагностики роста по электропроводности побегов. По показателям электропроводности однолетних побегов строится график зависимости данного показателя от диаметра побегов и по величине угла образуемой прямой к оси X подвои относят к той или иной группе роста, в соответствии с ранее полученными стандартами.

Некоторые исследователи рекомендуют оценивать силу роста яблони с помощью определения в тканях сеянцев гормональных соединений (гиббереллинов и ингибиторов). По данным Duran и Brian (1975), в тканях

корней сильнорослых подвоев преобладают вещества гиббереллинового типа, а у более слаборослых – аналогичные ингибиторам.

Следует отметить, что определение силы роста подвоев по концентрации тех или иных фитогормонов не всегда возможно, так как даже среди одного класса гормонов существует ряд соединений, различающихся по своему физиологическому действию. Гормональный баланс растений необходимо рассматривать в комплексе, так как он тем или иным образом затрагивает все процессы метаболизма и его влияние на рост и развитие достаточно сложно (Кефели, 1984; Дерфлинг, 1985; Фауст, 1989; Кудасов, 1999).

Раннюю диагностику карликовых растений рекомендуется проводить также с использованием способа, основанного на интенсивности окраски свежих листьев монооксусной кислотой. Листья карликовых форм дают темно-коричневую окраску (Ikeda, Nishida, 1982).

Многие исследователи считают, что сила роста подвоев, и привитых на них сортов, связана с размерами сосудов ксилемы корней и надземной части (Колтунов, Яковук, 1990; Ходько, 1988; Штрайтберг, 1983; Гегечкори, 1983; Татаринов, 1980; Veakbane, Rogers, 1956). Наши исследования, проведенные на подоях селекции Мичуринского ГАУ, отчасти подтверждают данное мнение (Соломатин и др., 2004).

Известно, что неодинаковые показатели передвижения воды у подвоев разной силы роста могут быть связаны с различиями в интенсивности транспирации, которая регулируется устьицами, расположенными у яблони в основном на нижней стороне листа (Штрайтберг, 1983). По данным К.Г. Карычева (1992, 1997), у подвоев яблони количество устьиц на единицу площади листовой пластинки увеличивается от карликовых подвоев к сильнорослым.

Для подсчета количества устьиц используют отпечатки, полученные с помощью клея из киноплёнки, растворенной в ацетоне (Карычев, 1997). Недостатком данного метода является то, что не всегда удается подобрать нужный тип киноплёнки для хорошего растворения в ацетоне, получения клея нужной консистенции и, как следствие, качественных отпечатков.

В наших исследованиях, для получения отпечатков листовой пластинки использовался медицинский клей БФ-6 (рис. 8, 9). Отпечатки, полученные с помощью него, легко снимаются с листьев и позволяют получить изображение устьиц хорошего качества. Подсчет количества устьиц производился с помощью микроскопа БИОЛАМ-ЛОМО (окуляр 8, объектив 40).

В коре плодовых деревьев содержится множество фенольных соединений. Часть из них (монофенолы) являются ингибиторами ИУК-оксидаз, способствуя передвижению ауксинов, другие же (полифенолы) наоборот, являются кофакторами оксидаз, разрушая ауксины, замедляя их транспорт, и, в конечном счете, ингибируя рост (Lockard, Schneider, 1981). Одним из таких соединений является флоридзин (Завалко, 1967).

Тарасов А.М. и Палфитов В.Ф. рекомендуют определять силу роста по содержанию флоридзина в коре корневой шейки подвоев (1997). У карликовых подвоев концентрация флоридзина более высокая, чем у полукарликовых и сильнорослых (Тарасов и др., 2003; Палфитов, 2003; Тарасов, 2005).

Т.Н. Дорошенко (1990; 1998) рекомендует проводить диагностику силы роста подвоев по величине соотношения РНК/ДНК в апикальных почках, в фазу активного роста. По мере увеличения силы роста подвоя происходит увеличение показателя отношения РНК/ДНК.

В наших исследованиях мы применяли анатомические методы диагностики силы роста:

1. Метод определения длины корневых волосков (Муромцев, 1969). Суть метода в том, что с увеличением силы роста подвоя, увеличивается средняя длина корневых волосков.

2. Метод определения отношения коры/древесины в корнях подвоев (Beakbane and Thompson, 1947). В корнях карликовых подвоев преобладает кора, а в корнях более сильнорослых – древесина (рис. 5, 6).