

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное бюджетное научно учреждение  
«ПЕРВОМАЙСКАЯ СЕЛЕКЦИОННО-ОПЫТНАЯ СТАНЦИЯ  
САХАРНОЙ СВЕКЛЫ»

На правах рукописи



**ЛОГВИНОВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ**

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ТОЛЕРАНТНЫХ К  
ЦЕРКОСПОРОЗУ И ГЕРБИЦИДАМ ЛИНИИ И ГИБРИДОВ  
САХАРНОЙ СВЕКЛЫ: ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ,  
ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИХ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

06.01.05 – селекция и семеноводство  
сельскохозяйственных растений

Диссертация

на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук

Гулькевичи –2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	С.
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1 НАПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ: ИСТОРИЯ ВОПРОСА, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ (обзор литературы)	14
1.1 Морфологические и биологические особенности сахарной свеклы, как объекта селекции	14
1.2 Селекция – как фактор совершенствования сахарной свеклы	19
1.3 Самостерильность и самофертильность – факторы эволюции сахарной свеклы	28
1.4 Основные направления и методы селекции сахарной свеклы	31
1.5 Современные этапы селекции сахарной свеклы	42
1.6 Принципы оценки комбинационной способности линий сахарной свеклы	57
1.7 Теория и практические аспекты селекции сахарной свеклы	69
2 МАТЕРИАЛ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	77
2.1. Почвенно-климатические и погодные условия	77
2.2. Материал, методика и агротехника в опытах	81
3 ЭТАПЫ И ПРИЕМЫ СОЗДАНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ УСТОЙЧИВЫХ К ГЛИФОСАТУ	96
3.1 Использование цитоплазматической мужской стерильности в селекции сахарной свеклы	96
3.2 Характеристика сростноплодных линий – опылителей сахарной свеклы	104
3.3 Тестирование линий и гибридов сахарной свеклы на ранних этапах онтогенеза	126
3.4 Создание биотехнологических линий и гибридов сахарной свеклы	133
3.5 Наследование признака толерантности к глифосату в процессе создания новых исходных форм сахарной свеклы	148

4	ПРОДУКТИВНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ	161
4.1	Продуктивность российских гибридов сахарной свеклы	163
4.2	Реакция новых гибридов сахарной свеклы на приемы основной обработки почвы	169
4.3	Эффективность производства гибридов сахарной свеклы в зависимости от сроков уборки	186
4.4	Продуктивность экспериментальных (пробных) биотехнологических гибридов сахарной свеклы	191
4.5	Особенности выращивания перспективных гибридов сахарной свеклы в условиях недостатка влаги	201
5	СЕМЕНОВОДСТВО НОВЫХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ	213
6	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ	224
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	228
	ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ, СЕМЕНОВОДСТВА И ПРОИЗВОДСТВА	233
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	234
	ПРИЛОЖЕНИЯ	265

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

КС – комбинационная способность;

ЦМС – цитоплазматическая мужская стерильность;

ОКС – общая комбинационная способность;

СКС – специфическая комбинационная способность;

МС-линий – мужская-стерильная линия;

SFSF – гомозиготные самофертильные растения;

SaSb –самостерильная форма;

SFSx – гетерозиготная самофертильная форма;

АнЗС – линия аналог, закрепляющая ЦМС, толерантная к церкоспорозу и глифосату;

НЗС – неродственный закрепитель стерильности;

Оп (ГМС ММ и ММ) – многосемянные линии-опылители, компоненты гибрида;

RR- гомозигота по доминанте;

rr – гомозигота по рецессиву;

Rr – гетерозигота по признаку толерантности.

Растения с признаками толерантности к глифосату обозначали как «Т-формы», например:

ТММ – опылители;

ТО – типы;

ТМС – формы;

ТГ – гибриды.

Сс – себестоимость;

ЧД –чистый доход;

Нр – норма рентабельности ;

ПЗ – производство;

Цз – закупочная цена, руб.;

У – урожайность, т/га;

СВП – стоимость валовой продукции с 1 га, руб.

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Общие площади свеклосеяния в Краснодарском крае в последние годы варьировали от 180 до 208 тыс. га, а ежегодное производство корнеплодов сахарной свеклы составляет около 25% от общего объема производства корнеплодов в Российской Федерации.

Свекловодство по-прежнему остается одной из наиболее наукоемких, технологически и организационно сложных отраслей. Это вызывает крайнюю нестабильность производственных показателей в пространстве и во времени. Средняя урожайность ее за последние годы повысилась, однако, все еще далека от уровня развитых европейских стран (В.Н. Иванова, С.Н. Серегин, В.С. Гринько 2014; М.А. Смирнов, 2018; В.Л. Вербицкий, Н.Г. Гизбуллин, 1983; Н.Г. Гизбуллин, 1987).

Несмотря на достигнутые успехи отечественного свеклосахарного комплекса, сохраняются технологические риски, вызванные отставанием в методологии научных исследований, торможением процесса внедрения селекционных и семеноводческих разработок, что усиливает импортную зависимость от иностранных поставщиков семян сахарной свеклы и может привести к дестабилизации сахарной промышленности (Моисеев В.В., 2018, Моисеев В.В., Моисеев А.В., 2019; Н.Г. Гизбуллин, Г.М. Нагорный, 1984; И.И. Гуреев, 2019).

Заполнение отечественного рынка семян гибридов иностранной селекции в большинстве случаев происходило и происходит не столько по причине их более высокого генотипического потенциала, сколько за счет прогрессивных агротехнологий выращивания семян, тщательной подготовки их на специализированных заводах (шлифовка, калибровка, дражирование и т.п.), что создает им преимущества для стартового роста растений и дальнейшего формирования урожая.

В предшествующие годы все это способствовало быстрому внедрению иностранных гибридов на производственных площадях и сдерживало конкурентоспособность отечественных гибридов, семян и технологий.

В Комплексном плане научных исследований Российской Федерации (КПНИ РФ) «Развитие селекции и семеноводства сахарной свеклы» особое внимание наряду с совершенствованием агротехнологий уделяется созданию и внедрению в производство новых отечественных высокопродуктивных гибридов, устойчивых к болезням и неблагоприятным факторам среды (В.Г. Кайшев, С.Н. Серегин, А.В. Корниенко, 1971; А.В. Корниенко, 1994; А.В. Корниенко, А. К. Буторина, 2014; Е.А. Дворянкин, М.С. Яроцук, 2013).

В будущем основную часть прибавки урожайности предусматривается получать за счет новых гибридов, при этом следует учитывать, что с ростом продуктивности гибридов устойчивость их к абиотическим и биотическим стрессам может снижаться, а возрастать влияние тех факторов среды, оптимизировать которые в полевых условиях за счет техногенных средств не всегда возможно.

Отставание с созданием и внедрением в производство гибридов устойчивых к неблагоприятным внешним условиям, создает ситуацию, при которой возрастает опасность повреждения коммерческих гибридов от засухи, сорняков, влияния гербицидов и весенних заморозков, и увеличения, вследствие этого, экономических потерь. Это четко проявилось в весенний период 2009 года, когда только в Краснодарском крае всходы сахарной свеклы погибли на площади 52 тыс. гектар.

Главным направлением селекции является сохранение стабильности достигнутого уровня и дальнейшего повышения продуктивности перспективных гибридов устойчивых к средовым факторам (О.Е. Святова, 2008; М.А. Смирнов, 2018; В. А. Драгавцев, 2013; И.К. Кобецкая, 2003).

Среди приоритетных факторов в процессе реализации государственной политики импортозамещения важное значение в наших исследованиях придавалось следующим основным мероприятиям:

- ускоренному получению новых рентабельных отечественных гибридов, в том числе биотехнологических, созданных на основе современных методов биотехнологии и генной инженерии;

- организации системы ускоренного первичного и репродукционного семеноводства новых гибридов сахарной свеклы;

- внедрению ресурсосберегающих агротехнологий производства, обеспечивающих снижение материальных затрат и пестицидной нагрузки на окружающую среду.

Учитывая, что традиционная селекция далеко не исчерпала свои возможности повышения продуктивности сахарной свеклы, все же следует признать, что она уже не может обеспечить коренную перестройку растения. Поэтому особую значимость в дальнейших исследованиях приобретает разработка способов биотехнологии для получения большего генетического разнообразия и отбора форм с новыми целевыми признаками и свойствами (И.Я. Балков, А.В. Логвинов, В.Н. Мищенко, 2017; М.А. Богомолов, 2017; Н.Г. Гизбуллин, 2014).

Для этого периодически пересматривалась методология исследований, корректировалось направление селекции и полностью был осуществлен переход от популяционных МС гибридов к межлинейным. В основу всех программных исследований были положены самые современные методы генетики.

Новые линейные и межлинейные формы создавались с использованием следующих, ранее полученных, наиболее ценных селекционных материалов с учетом усиления следующих признаков:

1. Для линий – закрепителей стерильности О-типа повышали комбинационную способность, самофертильность, закрепительную способность, раздельноплодность, устойчивость к церкоспорозу и гербицидам;

2. Для МС линий и простых МС гибридов важно было получить 100% стерильность пыльцы и раздельноплодность, синхронность цветения компонентов скрещивания, устойчивость к церкоспорозу и гербицидам при сохранении высокой общей и специфической комбинационной способности;

3. К основным признакам сростноплодных линий – относились:

- высокая пыльцеобразовательная способность;
- синхронность цветения с МС компонентами;
- устойчивость к церкоспорозу и гербицидам;
- средняя и высокая комбинационная способность.

4. Для гибридов F1 отбор проводился по таким признакам:

- раздельноплодность;
- одинаковый размер семян;
- высокая энергия прорастания семян в поле;
- выравненность корнеплодов по высоте над уровнем почвы;
- устойчивость к болезням и гербицидам;
- высокая продуктивность.

Предъявляемые на современном этапе требования к гибридам сахарной свеклы, кроме указанных признаков, включали в себя также высокую адаптивность и экологическую стабильность.

Приведенные положения раскрывают степень разработанности темы и актуальность данной работы, которая посвящена в основном технологии создания обычных и толерантных к церкоспорозу и гербицидам линий и гибридов сахарной свеклы и разработка ресурсосберегающих технологий.

**Цели и задачи исследований.** Целью исследований является создание толерантных к церкоспорозу и глифосату комбинационно способных линий сахарной свеклы в качестве доноров устойчивости на базе отечественных самофертильных раздельноплодных линий О-типа, МС линий и сростноплодных фертильных линий-опылителей. Получение рентабельных, устойчивых к церкоспорозу обычных и толерантных к глифосату биотехнологических гибридов, что приведет к существенному снижению затрат на производство и снижение пестицидной нагрузки на окружающую среду. Достижение цели было связано с решением следующих основных задач:

- изучить особенности раздельноплодных линий-закрепителей, стерильности О-типа, их МС аналогов и сростноплодных линий-опылителей (ОП);

- отобрать наиболее ценные по комбинационной способности МС линии и линии-опылители в качестве доноров устойчивости к церкоспорозу и глифосату;

- изучить урожайность и качество корнеплодов экспериментальных (пробных) топкроссных и коммерческих гибридов, долю вклада факторов в дисперсию изучаемых признаков, а также величину конкурсного гетерозиса;

- установить реакцию обычных и биотехнологичных гибридов и их родительских форм в процессе тестирования на ранних этапах онтогенеза и в полевых условиях;

- разработать технологию выращивания биотехнологических гибридов; разработать ускоренную технологию выращивания семян сахарной свеклы;

- охарактеризовать перспективные обычные и биотехнологические гибриды сахарной свеклы по параметрам экономической и биоэнергетической эффективности их выращивания.

**Научная новизна исследований.** В результате селекционно-генетического изучения получены новые раздельноплодные линии-закрепители стерильности с закрепляющей способностью 100 % и их МС аналоги с уровнем стерильности и раздельноплодности 100 %. Впервые получены биотехнологические раздельноплодные МС линии (ТМС линии) и сростноплодные биотехнологические линии-доноры устойчивости к глифосату (ТОп).

Наиболее ценные комбинационно способные линии использованы для получения пробных и коммерческих рентабельных обычных и биотехнологических гибридов. Определена доля влияния родительских форм на урожайность, сахаристость и сбор сахара. Разработана и издана технология создания биотехнологических гибридов сахарной свеклы и их технология

ускоренного семеноводства. Дана характеристика пластичности, стабильности и гомеостатичности перспективных гибридов.

Исследования в таком аспекте на изучаемом наборе линий и гибридов сахарной свеклы для условий Западного Предкавказья проводятся впервые.

**Практическая значимость работы.** Получен, апробирован и рекомендован для селекционной практики новый исходный линейный материал с высокой комбинационной способностью, обладающий ценными биолого-хозяйственными признаками. Созданы линии-доноры и перспективные рентабельные обычные и биотехнологические гибриды сахарной свеклы, устойчивые к церкоспорозу и глифосату.

В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации включены следующие гибриды сахарной свеклы, полученные с участием автора диссертации: Кубанский МС 90 (Авт. свид. № 40944), Кубанский МС 91 (Авт. свид. № 45370) и Патент на селекционное достижение № 3643, Кубанский МС 92 (Авт. свид. № 45371) и Патент на селекционное достижение № 3644, Кубанский МС 95 (Авт. свид. № 44869), Успех (Код № 925285), Вектор (Код № 9153641), Кулон (Код

№ 9153642), Азимут (Код № 8757255), Рубин (Код № 8457441), Карат (Код № 8457440), Первомайский (Код № 8356114).

В Государственном испытании проходят проверку новые перспективные гибриды Фрегат, Корвет, Престиж и устойчивый к церкоспорозу – Партнер. Разработаны и внедрены элементы ресурсосберегающих технологий семеноводческих и производственных посевов сахарной свеклы.

**Методология и методы исследований.** Методологической основой наших экспериментов являлись труды отечественных и зарубежных ученых по теме диссертационной работы в области селекции, семеноводства и агротехники сахарной свеклы.

При выполнении эксперимента использовались селекционные, агрономические, экономические и статистические методы.

При разработке, планировании и проведении исследований использовались различные источники информации (научные статьи, монографии и другие материалы). В ходе проведения эксперимента использовался системный подход.

Методика эксперимента базировалась на теории планирования селекционных исследований и многофакторные исследования в полевом опыте, регрессионном и дисперсионном анализе.

**Апробация результатов исследований.** Материалы диссертации докладывались ежегодно на заседаниях Ученого совета ФГБНУ Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свеклы, на международных Конференциях в Минске (2013), Воронеже (2012), Краснодаре (2012), «Инновации в современной науке» (Прага, 2021), «Достижения современной науки: от теории к практике» (Минск, 2021), «Наука XXI века: актуальные вопросы, проблемы и перспективы» (Таджикистан, 2021), «Проблемы и перспективы развития современной науки» (Молдавия, 2021).

На международных инновационных выставках в Москве (2017, 2019, 2019.), Санкт-Петербурге (2018, 2019, 2020), Севастополе (2018) и Краснодаре (2018). За этапные селекционно-семеноводческие исследования, выполненные на Первомайской селекционно-опытной станции при участии автора диссертации, получены семь Золотых медалей и одна Серебряная медаль.

**Личный вклад соискателя.** Соискатель участвовал в разработке программы и методике исследований, в проведение лабораторных, селекционных и полевых экспериментов, наблюдений и анализов, научно оформил полученные данные, подверг их математическому анализу и теоретическому обоснованию. Доля личного участия соискателя в научных публикациях, выполненных в соавторстве, пропорциональна количеству соавторов.

### **Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

- оценка раздельноплодных комбинационно способных линий-закрепителей стерильности и их МС аналогов, устойчивых к церкоспорозу;
- характеристика сростноплодных комбинационно способных обычных и биотехнологических линий – доноров устойчивости к церкоспорозу и глифосату;
- способы создания и тестирования новых и коммерческих гибридов сахарной свеклы;
- технология ускоренного семеноводства обычных и толерантных к глифосату гибридов;
- технология производственного выращивания обычных и биотехнологических гибридов сахарной свеклы и разработка энергосберегающих технологий;
- экологическая пластичность, стабильность полученных гибридов, их экономическая эффективность выращивания.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 291 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения, рекомендаций для практической селекции, семеноводства и производства. Список использованной литературы содержит 305 источника, из которых 52 на иностранном языке. Диссертация содержит 61 таблицу, 2 рисунка, а также включает в себя приложения.

**Публикация результатов исследований.** По материалам диссертации опубликовано 76 научных работы, в том числе 40 в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации, 3 в международной базе данных Scopus, 16 работ в различных изданиях и получено 14 авторских свидетельств и патентов РФ на изобретение. Опубликовано 3 монографии.

**Благодарности.** Автор работы выражает искреннюю признательность за консультации при выполнении работы: ведущему научному сотруднику, кандидату сельскохозяйственных наук Мищенко Владимиру Николаевичу, доктору экономических наук, профессору Моисееву Виктору Васильевичу,

доктору биологических наук, профессору Балкову Ивану Яковлевичу и доктору сельскохозяйственных наук Шевченко Анатолию Григорьевичу.

# 1 НАПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ: ИСТОРИЯ ВОПРОСА, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ (обзор литературы)

## 1.1 Морфологические и биологические особенности сахарной свеклы, как объекта селекции

Сахарная свекла имеет большое народно-хозяйственное значение в нашей стране, так как является основным источником сахара, который играет важную роль в питании человека.

Несмотря на большое значение этой культуры систематика ее нуждается в уточнении. А ведь знакомство с исходным материалом для селекции значительно облегчает знание ботанической квалификации любой культуры. Селекционеру очень важно знать соподчинение систематических единиц. Для практической селекции важно знать не только виды и разновидности данной культуры, но и их биологические особенности, с которыми связано приспособление растений к различным условиям произрастания [8, 9, 25, 26, 30, 114, 118, 125, 133].

Сахарная свекла относится к семейству Маревых (*Chenopodiaceae* Less) Род *Beta* L. Представлен растениями одно-, дву- и многолетнего образа жизни, диплоидными ( $2n=18$ ), тетраплоидными ( $2n=36$ ) и гексаплоидными ( $2n=54$ ). Пока нет единого мнения относительно числа выделенных видов этого рода. Одни систематики насчитывают 12, другие 15 видов [25, 43, 103].

В данном случае рассматривается 15 видов, объединенных в три секции:  
1. *Colorollinae* Transch; 2. *Beta* Transch; 3. *Patellares* Transch.

Первая секция включает 6 видов: *B. Macrorrhiza* Stev. – свекла крупнокорневая ( $2n=18$ ); *B. lomatogona* F. et M. – свекла каемчатоплоидная ( $2n=18$ , 36); *B. nana* Boiss et Heldr. – свекла карликовая ( $2n=18$ ); *B. corolliflora* Zoss. – свекла венчикоцветная ( $2n=36$ ); *B. Intermedia* Bunge. – свекла промежуточная ( $2n=36$ ); *B. trigyna* W. et K. – свекла трехстолбиковая ( $2n=54$ ).

Вторая секция объединяет также 6 видов: *B. Pereniis* (L) Freyn. – свекла многолетняя ( $2n=18$ ); *B. patula* Ait – свекла раскидистая ( $2n=18$ ); *B. macrosarpa* Guss. – свекла крупноплодная ( $2n=18$ , 36); *B. maritima* L. – свекла приморская ( $2n=18$ ); *B. cicla* L. – свекла листовая ( $2n=18$ , 36); *B. vulgaris* L. – свекла корнеплодная ( $2n=18$ , 36).

Третья секция включает 3 вида: *B. webbiana* Mog. – свекла Баркер Вебба ( $2n=18$ ); *B. procumbens* Chr. Smith. – свекла стелющаяся ( $2n=18$ ); *B. patellaris* Mog. – свекла чашковидная ( $2n=18$ , 36).

Из 15 представленных видов 14 дикорастущие, один культурный *B. Vulgaris* L. В свою очередь он подразделяется на 2 вида: европейский (с тремя группами разновидностей) и азиатский (с двумя группами разновидностей).

Все виды секции *Patellares* Transch. полукустарниковые, многолетние и однолетние травянистые с очень мелкими цветками, предгорной и береговой флоры. Секция *Beta* представлена многолетними, двулетними и однолетними травянистыми видами предгорной и прибрежной флоры Евразии.

Сахарная свекла относится к европейскому подвиду (sp. *B. vulgaris* L., subsp. *vulgaris*), группе разновидностей *convar. saccharifera* Alef. и разновидности *var. saccharifera*; *var. grisea* Buren. Виды секции *Colorollinae* Transch. дикорастущие, многолетние и холодостойкие растения, иногда с очень мощным утолщением главного корня, содержание сахара среднее. Найдены также пентаплоидные формы, но происхождение их пока не известно.

В обычных условиях свекла характеризуется двулетним циклом развития. В первый год жизни развивается корнеплод и розетка листьев. Корнеплоды сахарной свеклы конической или удлинненно-конической формы, часто разветвленные. Им свойственно высокое содержание сухого вещества (24-26 %) и сахара (17-19 %). По форме корнеплода сорта мало отличаются.

Сахарная свекла, из всех корнеплодных форм свеклы – самая позднеспелая. Она отличается от многих полевых культур особенностями роста и развития. В первый год жизни у нее идет только вегетативный рост, но

не качественные изменения в развитии. С ранних фаз роста растения сахарной свеклы начинают создавать единственный запасающий орган, где в течение вегетации откладываются продукты фотосинтеза. С типом корня, как запасающего органа и вегетативным ростом в течение первого года жизни, связано отсутствие авторегуляторной способности (которая имеется, например, у зерновых) и наличие определенной способности к компенсации. Между содержанием сухого вещества или сахара и урожаем корнеплодов существует отрицательная зависимость [12].

Основной составной частью сухого вещества является сахар, но его закрепление в запасающем органе не так постоянно, как содержание крахмала в клубне картофеля или жира в семенах масличных культур. Растения свеклы используют сахар при необходимости для регенерации фотосинтетического аппарата. У остальных полевых культур этот процесс ограничен, как во времени, так и по объему. Корнеплоды в первый год вегетации не достигают физиологической зрелости, иногда их убирают еще в период относительно интенсивного продуктивного процесса.

Эти особенности растений необходимо учитывать, как при селекции, так и при возделывании сахарной свеклы. В первый год жизни у свеклы могут образовываться цветоносные побеги (одно – или многостебельные). Явление это нежелательное [5, 10].

Основные компоненты, определяющие продуктивность сахарной свеклы – это число растений на единице площади и среднее содержание сахара в корнеплоде. На уровень продуктивности влияют число листьев и их средняя площадь, чистая продуктивность фотосинтеза, сроки фотосинтетической деятельности и способность откладывать ассимиляторы в корнеплоды.

По данным Л. Минск и Н.И. Орловского рост листьев у сахарной свеклы занимает 30-40 % их жизни. Меньше всех живут листья, которые образовались в начале или в конце вегетации (у поздних это связано с уборкой). Дольше всего живут листья второго десятка (20-25-й) по данным этих же авторов у урожайных сортов листья отмирают быстрее, чем у сахаристых [10, 11].

Кроме сортовых растений, число листьев на растении зависит от осадков, условий питания и особенно от густоты стояния растений. При снижении густоты стояния число и их площадь на растение возрастает. Число листьев на единице поверхности почвы и ИЛП возрастают при увеличении густоты стояния растений [146, 149, 164].

Сахарная свекла имеет длинный вегетационный период, поэтому ее рост и развитие протекают при различных условиях. Динамические изменения температуры, освещенности и режима влажности оказывают существенное влияние на процессы продуктивности растений и посевов. В каждый вегетационный период создается модель роста и процесса создания урожая.

Следует отметить, что в посевах сахарной свеклы существует конкуренция. Обусловлена она в значительной мере различной всхожестью семян, а как результат этого – разное начало периода быстрого роста. Более взрослые растения развивают листовую поверхность, притесняя более слабые растения. В результате, в условиях прогрессивных технологий возделывания посевы из недружных всходов к уборке представляют собой смесь растений с разной длиной вегетационного периода. В связи с вышеизложенным, основная задача селекционеров – выведение сортов с хорошей полевой всхожестью [146, 148, 150, 167, 168].

Взаимное затенение листьев ослабляется, если сорта имеют прямостоячую листовую розетку. Такие сорта позволяют создавать более густые посевы, без существенной конкуренции. Загущенные посевы созревают раньше, чем изреженные. Это значит, что густота посева наряду с селекцией и химическими средствами, включая азотные удобрения, становится одним из существенных агротехнических факторов для регулирования роста растений [7, 140, 143, 144, 186].

Семенники свеклы представляют собой одно- и многостебельные растения с цветоносными побегами разных порядков. Цветки сидячие, либо одиночные (у одностебельных форм), либо сросшиеся по 2-7 вместе (у многостебельных форм), двуполые.

Свекла – перекрестноопыляющееся растение. Основным механизмом перекрестного опыления – открытое цветение. Пестики и тычинки созревают почти одновременно. На рыльце каждого цветка свеклы попадает 300-400 пыльцевых зерен. Диаметр нормальных пыльцевых зерен у диплоидов меньше, чем у тетраплоидов. Пыльца тетраплоидов меньше жизнеспособна, чем у диплоидов, к тому же образуется ее на 25-30 % меньше. Процессы опыления и оплодотворения у диплоидных многосемянных форм идут быстрее, чем у одностростковых диплоидов и тетраплоидов. Отдельный цветок цветет 6-7 часов, а растений от 20 до 40 дней [7, 8, 14, 69].

Однако цветок сахарной свеклы имеет короткие тычиночные нити, которые остаются внутри цветка и пыльники осыпают пыльцу также внутрь цветка. В связи с отмеченными особенностями у свеклы возможна аутогамия. Кроме того, свекла опыляется гейтеногамно (между цветками одного растения). Установлено, что скорость роста пыльцевых трубок при аутогамии и гейтеногамии намного ниже, чем при ксеногамии (перекрестном опылении).

От начала цветения до полноценного формирования нового семени проходит 24-26 дней. В пределах растения плоды созревают недружно (тем более в пределах популяции), что затрудняет создание сортов и гибридов с высокой полевой всхожестью [6, 20, 21, 22, 23, 25, 39, 40].

Хотя для сахарной свеклы характерно перекрестное опыление, но она не является облигатным перекрестником. В ее популяциях можно встретить самофертильные растения, сочетающие половое развитие с различными формами апомиксиса.

Сахарная свекла относится к растениям длинного дня с умеренными требованиями к теплу, но с продолжительностью безморозного периода 140-180 дней (на юге до 200 дней). Минимальная температура для прорастания семян составляет 2...4°C. Кратковременные заморозки до -5°C не вредят проросткам, в фазе вилочки и первой пары настоящих листьев заморозки до -30°C не страшны. Она успешно выращивается в богатых гумусом почвах,

хорошо аэрированных, имеющих нейтральную реакцию и высокую биологическую активность [31, 43, 44, 62, 67, 68, 89, 90, 248, 249].

## **1.2 Селекция – как фактор совершенствования сахарной свеклы**

Высоко оценивая роль селекционных достижений в науке и хозяйственной деятельности человека, гениальный ученый Николай Иванович Вавилов выражался уверенно и точно: «Селекция – это эволюция, направляемая волей человека» [29].

Обобщив множество исследований параллелизма в явлениях - наследственной изменчивости растений и животных, Н.И. Вавилов пришел к выводу, что генетически близкие виды и роды характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов. «Закон гомологических рядов» в селекционной практике позволял прогнозировать существование тех или иных признаков у данного вида, если они уже известны у других видов (например, ЦМС у свеклы и подсолнечника, по аналогии с ЦМС у кукурузы и др.).

Наследственной изменчивостью объясняется все разнообразие индивидуальных различий, которые включают: как качественные, так и количественные признаки; изменения отдельных признаков и свойств (независимая изменчивость), коррелятивная изменчивость признаков и др. В индивидуальном развитии организма можно усмотреть проявление наследственных признаков и свойств не только генов, ответственных за данный признак, но и их взаимодействие с другими генами, составляющими генотип особи [1, 3, 5, 21, 51, 176, 245].

Основные этапы совершенствования сахарной свеклы можно изложить в достаточно коротком предложении: от многосемянных форм – к односемянным; от сортов – популяций к межсортным, а затем к межлинейным МС-гибридам; от вариантов браковки и отбора популяций – к подбору компонентов гибридизации.

Свекловодство насчитывает немногим более двухсот лет. Ее истоки связаны с именем Ференца Ахарда (Германия) – первого селекционера, он же семеновод и технолог – в одном лице (конец 18-го – начало 19-го века). За такой, исторически короткий период, в сравнении, например, с зерновыми культурами, свекла превратилась из огородного полукормового растения с привкусом сладости, в высокопродуктивную сахаросную техническую культуру и, как источник сахара, прочно заняла второе место в мире после сахарного тростника. Благодаря усилиям селекционеров и генетиков за 200 лет произошли огромные изменения в биологии, фенотипе и генотипе этой культуры. До середины прошлого века свекловоды всех стран мира использовали только двулетние многосемянные формы, на базе которых создавали многосемянные сорта-популяции, требующие огромных затрат ручного труда на формирование густоты насаждения (100 тыс. растений на гектар) и на защиту посевов от сорняков (ручная и механическая прополка). Первые примитивные селекционные фирмы на территории Царской России стихийно зарождались сначала на территории Украины, где высевали немецкие семена, а затем и в России [9, 10, 141, 157, 161, 200, 203, 243, 244].

Опираясь на Закон гомологических рядов наследственной изменчивости, среди обычных популяций были отобраны МС-формы и перекрестно совместимые растения, склонные к самофертильности, крайне важные в селекции на гетерозис. В случае подбора гомозиготных форм – компонентов с высокой комбинационной способностью (ОКС и СКС), требовалось анализировать линии по нецветущности, повышенной сахаристости, устойчивости к болезням и по другим хозяйственно-ценным признакам. Началась разработка приемов первичного семеноводства гибридов, совершенствование процессов выращивания элитных и базисных семян для сортов и компонентов гибридов [32, 208, 209, 215, 224].

Параллельно развивались селекционные и семеноводческие работы в других регионах России. В Краснодарском крае, где в 1925 г. была организована Первомайская опытная селекционно-семеноводческая станция,

велись исследования по созданию сортов-популяций различных форм сахарной свеклы, устойчивых к церкоспорозу. На Льговской ОСС Курской обл. (и чуть позже на Бийской ОСС (Алтайский край) развернулись аналогичные работы с целью получить многосемянные и односемянные сорта-популяции, а также МС-гибриды, адаптированные к местным условиям с учетом особенностей засорения, проявления болезней и вредителей сахарной свеклы в этих регионах.

В начале 20-го века (1905-1912 гг.) в США были выполнены поисковые исследования по отбору раздельноплодных (односемянных) растений сахарной свеклы, которые были прекращены по причинам их генетической нестабильности (расщепление гибридов) и низкой продуктивности. В 20-30-е годы селекционеры и генетики в СССР и США, исходя из Закона гомологических рядов наследственной изменчивости Н.И. Вавилова, возобновили работу по созданию односемянных форм сахарной свеклы, позволяющих исключить ручной труд при прорывке. Много сил и терпения в их создание вложили селекционеры-вавилонцы О.К. Коломиец, Г.С. Мокан, бывший сотрудник Рамонской станции А.В. Попов (в довоенные годы) и другие сотрудники, ведущие селекцию в разных опытных станциях системы ВНИС и ВНИИСС. Большой вклад в решение этой проблемы внес и еще один из учеников Н.И. Вавилова – известный генетик профессор В.Ф. Савицкий, эмигрировавший после второй мировой войны в США [184].

В послевоенные годы в СССР велись работы по созданию так называемых «межсортовых гибридов» на фертильной основе, представляющих собой смесь гибридных семян и исходных родительских форм, завязавшихся от неконтролируемого переопыления компонентов скрещивания (Ялтушковский, Первомайский, Льговский «гибриды» и другие одно-многосемянные популяции), раздельноплодность которых увеличивали путем подбора решет [65, 66, 173, 178].

В США, на четверть века ранее, чем в России, сотрудники талантливого генетика Ф. Оуэна создавали первые межлинейные МС-гибриды на основе

цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС). По типу методам тех лет ныне на новых исходных материалах проводятся исследования [264, 275, 276, 279, 281].

Эффективность возделывания любой сельскохозяйственной культуры зависит от целого ряда факторов. Их – бесконечное множество, но все они связаны, прежде всего, с биологическими особенностями культур, знание которых служит залогом успеха, например, селекционной деятельности. В данной работе представлены лишь те факторы, которые оказали решающее влияние на формирование фенотипа и генотипа сахарной свеклы, на ее продуктивность и рентабельность возделывания в ряде стран, в т.ч. в России [273, 267, 268, 284, 285].

Сахарная свекла (*Beta vulgaris* L. *Saccharifera* Alef.) – одна из сравнительно молодых культур. Ее принято относить к двулетним растениям, но она может выращиваться и как озимое, и как многолетнее растение. В фазу цветения она формирует или соцветие, или несросшиеся цветы и, соответственно, соплодия или плоды типа «зерновка». В зависимости от расположения на цветоносном побеге цветов можно выделить разновидности сахарной свеклы: 1) *B.v. gamocarpa* V.; синонимы – многосемянная, сростноплодная, и 2) *B.v. chorycara* V.: синонимы – односемянная, раздельноплодная. Цветки – обоеполые (гермафродиты), обычно – перекрестно-опыляемые, самофертильные (*self-sterily*<sup>1</sup> - аутостерильные), у отдельных форм – самофертильные (*self-fertile*<sup>2</sup> - аутофертильные).

В случае незначительного завязывания семян при пониженной или повышенной температуре различают еще два подтипа взаимодействия генеративной сферы: самонесовместимость (*self-incompatibility*<sup>3</sup>), если семян

---

<sup>1</sup> Во избежание разночтений, приводятся синонимы слов на английском и русском языках и генотипическое обозначение растений: *self-sterily* – самостерильность (как явление – рецессив *SaSb* и др., ген *Sx*); *self-sterile* – самофертильные (формы, растения).

<sup>2</sup> *Self-fertile* – самофертильные, самонесовместимые (формы, растения). *self-fertility* – самофертильность (генетическое определение – доминант *SFSF* > ген *SF*).

<sup>3</sup> *Self-incompatibility* – самонесовместимость (генетическое определение – рецессив – *SaSb* и др., ген *Sx*).

совсем мало (единичные экземпляры), или псевдосамофертильность (pseudocompatibility<sup>4</sup>), если семян завязалось много, но в потомстве этот признак не наследуется или происходит расщепление, что указывает на гетерозиготность. В отличие от самофертильности эти признаки контролируются полигенно [257; 265; 282;286; 290].

Возделывание сахарной свеклы направлено на получение корнеплодов – промежуточной ступени развития растений от семени до семени (по признаку – ботаническая спелость). Для селекционера определяющими показателями являются урожайность, качество этих корнеплодов и рентабельность производства сахара. Эти показатели во многом зависят от генотипа, физиологии цветения, строения плодов-семян, их посевных качеств (степени развития, энергии прорастания), условий для роста и развития корнеплодов, устойчивости к болезням, вредителям и даже к гербицидам, если речь идет о генетически модифицированных гибридах [162, 292, 293, 296, 299, 300].

Массовый (морфологический) отбор – начало селекции свеклы. Обратимся сначала к многосемянной свекле. Как объект искусственного отбора (селекции), она насчитывает немногим более двух веков. Благодаря трудам Ференца Ахарда, изучавшего различные варианты местных популяций, белая огородная свекла из Силезии была рекомендована в качестве сырья для производства сахара, так как его содержание в ней составляло 5-6 %. Минуло полвека, и белая силезская свекла превратилась в сахарную. В первом сорте «Империал», отобранном селекционером А. Кнауэром среди местных материалов, содержалось уже 9-13 % сахара.

Основным фактором прогресса эволюции свеклы поначалу был негативный отбор (браковка худших экземпляров), затем более эффективный массовый отбор (морфологический, по удельному весу корнеплодов), когда корнеплоды, с повышенной сахаристостью и лучше развитые, стали высаживать изолированно от остальных растений. Почему изолированно? Да

---

<sup>4</sup> Pseudocompatibility – псевдосамофертильность (генетическое определение – гетерозигота SFSa, SFSb).

потому, что уже тогда знали: цветущие растения свеклы – перекрестноопыляемые. И если семенные растения (лучшие и обычные), высажены на один, даже пространственно изолированный участок, эффект отбора лучших из них не сохраняется в потомстве, и популяция усредняется. Таких примеров множество [13, 79, 97, 105, 130, 152, 269].

Индивидуальный метод – как новый этап в эволюции селекции свеклы на научной основе. Так получилось, что селекция, как классическая наука прикладного характера, началась именно с многосемянной свеклы. В середине 19-го века в производстве сахарной свеклы произошло важное событие: потомственный французский селекционер Луи Вильморен предложил взамен массового отбора индивидуальные метод, который вскоре стал основным во Франции, Германии и других странах. Он позволил достаточно быстро получить более сахаристые сорта, чем, например, немецкие сорта фирмы «Кляйнванцлебен». В основе этого метода лежит выделение лучших по массе и содержанию сахара корнеплодов педигри (англ. – родоначальник), их целенаправленное скрещивание и регистрация наследования хозяйственно-ценных признаков [226, 236, 238]. Проверка по потомству наследования признаков корнеплодами-педигри позволяет установить, насколько ценен тот или иной экземпляр растений. Особь оценивается не только с позиции обладания полезными качествами, но и, что более важно, как носитель этих качеств, если они сохраняются в потомстве (генотипическая оценка), а, чтобы сохранять качества растения, их пробовали размножать изолированно – накрывать, чтобы не допустить переопыления с другими растениями, и уже тогда, 150 лет назад, убедились, что под изоляторами семена не завязываются или завязываются плохо, или не развиваются до полной зрелости. Так появилось представление об очень важном биологическом признаке сахарной свеклы: самостерильность (аутостерильности), т.е. неспособности давать потомство в случае принудительного самоопыления.

Массовый и индивидуальный отборы многосемянной свеклы, в разных сочетаниях, нашли широкое применение в странах Запада и Америки, затем в

дореволюционной царской Империи: сначала в Польше и в Украине, чуть позже в России. На базе завозных семян из Германии и Франции были созданы местные польские, затем польско-украинские сорта многосемянной свеклы. Большим спросом у свекловодов пользовались высокосахаристые многосемянные материалы польского селекционера Александра Янаша, особенно сорта Янаш 1 и Янаш 3, которые репродуцировались в Рамони без заметного изменения сахаристости, до 70-х годов прошлого века и послужили первыми источниками цитоплазматической мужской стерильности [41, 42, 262, 274].

Как проявлялась в те годы адаптация сортов – осталось неизвестным, в России не существовало этого термина, а схема производства свеклы была простая: привозили из Европы семена, вручную выращивали корнеплоды и отвозили их на сахарные заводы. Позже (70-80-е годы 19-го века), путем пересева и переопыления растений из коммерческих семян фирм «Кляйнванцлебен» и «Вильморен», были получены украинские сорта многосемянной свеклы Калиновка 1, Калиновка 2 и Калиновка 3 и другие местные популяции. В 20-е годы уладовские сорта многосемянной свеклы отличались от местных более высокой урожайностью. Только за период с 1923 по 1936 г. станция передала производству для "разового пользования" 33 марки.

Для развития селекционных работ в восточной зоне свеклосеяния, на Рамонской станции, весной 1922 года посеяли суперэлитные семена части компонентов многосемянного сорта Уладовский 1030, в состав которого входило 111 номеров индивидуального отбора. С учетом сохранности, лучшие маточные корнеплоды высаживали вместе на одно поле, для скрещивания, и так получали первые рамонские семена. Их передавали в коллективное межстанционное испытание. Таким способом за два-три года с помощью массового отбора с последующим неконтролируемым опылением создавались первые рамонские марки (в 30-е годы их стали называть сортами). Подобные

приемы массового отбора корнеплодов, с последующей поляризацией, использовали и другие селекционные станции.

Тогда же начали применять различные варианты размещения корнеплодов по группам, для свободного (неконтролируемого) скрещивания отобранных семей. Семьи представляли собой гетерозиготные популяции, состоящие из множества генотипов. По данным ВНИСС за первые 10 лет работы при помощи массового отбора только в Рамони было создано 28 марок (сортов), используемых для фабричных посевов.

Задача создания местных сортов в России была решена, но уже в 1950 г. А.Л. Мазлумов был вынужден признать, что «...контролировать наследственную обусловленность отобранных признаков при массовом отборе невозможно», поскольку отобранные растения дают непредсказуемое потомство. Многолетняя практика 19-го века и конца 20-го – начала 21-го веков показала, что для выращивания корнеплодов из импортных семян нет особых препятствий, если не считать проблемы устойчивости к местным болезням, а главное - к кагатной гнили [53-58, 102, 106, 107]. На тот момент гибриды западного экотипа всегда отличались удлиненным периодом вегетации.

Клоны сахарной свеклы – это разрезанные на 4-6 частей корнеплоды, размноженные вегетативно, с сохранением потомств лучших растений «в чистоте» до момента повторного скрещивания. Этим приемом пользовались за рубежом, а применительно к местным условиям им в совершенстве овладел в то время коллектив селекционеров Рамонской станции, ныне ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова [9, 10, 63, 64].

Клонирование в сочетании с повторным скрещиванием стало в России предшественником рекуррентного отбора многосемянной свеклы. Большинство последних рамонских сортов создавалось по схеме: чередование отбора, клонирования и повторного скрещивания клонов. Но и клонирование не решало задачу сохранения генотипа на 100 %. Совместная посадка обоеполых самостерильных, но фертильных по пыльцевым зернам, клонов

даже двух растений (например, А и Б), означала их взаимное переопыление и формирование популяции генотипов в соотношении 1А: 2АВ: 1Б (примерно 25 : 50: 25 %), в которой родительские формы и гибриды составляли объединенную семенную мешанку.

По этой причине попытки сохранения генотипа отобранных экземпляров путем совершенствования процесса самоопыления фертильных растений не прекращались, но применительно к сахарной свекле они постоянно наталкивались на неудачу: самосовместимые растения (завязавшие незначительное количество семян) оказывались менее продуктивными, а при скрещивании формировали лишь 50 % полноценных гибридов. Полностью самофертильные растения в те годы браковались, как продукт самоопыления (инцухта).

Выходом в ситуации по разнообразию исходных форм сахарной свеклы стало использование полиплоидии. Экспериментальные тетраплоиды сахарной свеклы впервые получили в конце 30-х годов минувшего века, в СССР путем воздействия парами аценафтена, а в Канаде и Европе – слабыми растворами колхицина. В Канаде первые полиплоиды появились в 40-е годы, в Германии – в конце 30-х годов в Венгрии - в 1947 г., в Польше – в 1951 г., в СССР селекция полиплоидных форм началась в Украине, России, Белоруссии в начале 60-х годов. Повысить долю триплоидных гибридов в многосемянной популяции пытались решить за счет совершенствования схемы скрещивания: изменения числа рядов скрещиваемых форм, скрещивания односемянных диплоидов и многосемянных тетраплоидов, «обратных» гибридов (односемянных тетраплоидов и многосемянных диплоидов, селекционер С.Т. Бережко), совместной уборкой компонентов. Но на фертильной основе доля триплоидных гибридов обычно не превышала 60 % [33, 172, 229].

Главным в селекции тетраплоидов был контроль их плоидности, стремление избежать примесь анеуплоидов. По своему генотипу полигибриды представляли собой популяцию из смеси разнородных семян:  $2n$  (20-25 %) +  $3n$  (40-60 %) +  $4n$  (30-40 %). Эти популяции получили название

«полиплоидные гибриды», но по сути они были анизоплоиды и «полугибриды», поскольку содержали лишь около половины гибридных семян. Тем не менее, анизоплоиды, несмотря на недоработку, потеснили обычные сорта-популяции диплоидной многосемянной свеклы. Позже, многосемянные «полугибриды» уступили место односемянной свекле, которая в России была представлена сортами популяциями. Их получали по той же схеме массового отбора на основе сорта Белоцерковская односемянная (сорт Рамонская односемянная 9), или, в лучшем случае, по схеме индивидуально-группового отбора (сорт Рамонская односемянная 32, Северо-Кавказская односемянная 42 и другие). Исходным материалом для этих сортов послужили односемянные сорта Белоцерковского и Ялтушковского происхождения. Таким образом, история 20-х годов с созданием многосемянных рамонских марок повторилась 40 лет спустя в процессе получения сортов-популяций односемянной свеклы [44, 45, 190, 202].

### **1.3 Самостерильность и самофертильность – факторы эволюции сахарной свеклы**

Прежде, чем приступить к изложению важнейшего этапа в селекции сахарной свеклы – создание односемянных межлинейных гибридов на основе ЦМС, мы полагаем целесообразным осветить некоторые аспекты, связанные с признаками самостерильности и самофертильности, которые оказали большое влияние на направление селекционной работы. На эти признаки в свое время обращали внимание Е. Харечко-Савицкая (1940), Ф. Оуэн (1940). Было установлено, что самостерильность, в целом, не препятствует прорастанию пыльцевых зерен на поверхности рыльца, но рост пыльцевой трубки замедляется или прекращается внутри пестика. Е. Харечко-Савицкая предложила исходить из существования двух физиологических причин самостерильности: 1 – гибель сформировавшихся зигот на первом этапе – вскоре после оплодотворения, и 2 - последующее вырождение эмбрионов, начавших рост и поначалу нормально развивающихся [229, 230, 231].

Американский генетик Оуэн изучал наследование самостерильности на примере устойчивого к курчавости листьев сорта US1, в популяции которого преобладали самостерильные растения. Он получил клоны из трех растений и скрестил их для проверки теории E.M. East и A.J. Mangelsdorf, которые предполагали, что механизм самостерильности может быть объяснен действием нескольких аллелей S1-Sn и Z1-Zn (полигенный фактор). Ф. Оуэн сделал вывод, что его результаты согласуются с гипотезой дубликатных факторов, участвующих в скрещивании стерильных форм. Много лет спустя К. Ларсен в серии статей предположил полигенное наследование самонесовместимости при скрещивании сахарной свеклы с кормовой свеклой *Beta maritima* N. Bosermark (1979) также подтвердил, что самостерильность сахарной свеклы контролируется четырьмя S-локусами [254, 295].

Как известно, самостерильность бывает частичная (неполная) и растения иногда образуют какое-то количество семян от самоопыления. Такое явление, называемое псевдосамофертильность (*pseudocompatibility*), Ф. Оуэн и Н. Боземарк увязывали с торможением механизма стерильности, если цветение проходило при пониженной температуре или в конце сезона цветения. Было установлено, что под влиянием пониженных температур (около 15°C) псевдосамофертильность проявляется чаще, а в отдельных случаях обеспечивает достаточную завязываемость семян для селекционных целей [135-138, 298, 302]. И, тем не менее, для селекционной деятельности более важным фактором является признак генетически обусловленной самофертильности. В опытах Ф. Оуэна доминантный ген SF был получен от штамма 1167, устойчивого к курчавости листьев. Он показал, что полная самофертильность контролируется одним доминантным геном. Генетический состав гомозиготных самофертильных растений – SFSF, в то время как гетерозиготность самофертильных растений контролируется разными генами: SFSa, SFSb и т.п. (SFSx). Рецессивные гены SaSb, по Ф. Оуэну, определяют самостерильность. У разнообразных самостерильных источников сахарной свеклы может быть множество различных аллелей S, поэтому он ввел разные

буквенные обозначения. Потомства от скрещивания между самостерильной формой (SaSb) и гетерозиготной самофертильной (например, SFSx) расщеплялись в соотношении 1 самофертильное: 1 самостерильное растение (50 %: 50 %), в полном соответствии с моногенной гипотезой [246, 272, 283, 287].

Классическая селекция в свое время пережила этап создания многосемянных гибридов на основе полиплоидии и цитоплазматической мужской стерильности [160, 163]. По сути, они послужили школой для создания ныне широко используемых односемянных гетерозисных гибридов. В России первые шаги в селекции на гетерозис были сделаны полвека назад (60-е годы). Несмотря на свои успехи по созданию сортов-популяций, академик А.Л. Мазлумов активно поддержал гетерозисную селекцию: во ВНИИСС были организованы две лаборатории: полиплоидии и селекции на основе ЦМС.

В отличие от селекционеров Европы, совершенствовавших методы селекции самостерильных популяций на диплоидном и полиплоидном уровне, американские селекционеры в конце 30х-начале 40-х годов прошлого века взяли курс на гетерозисную селекцию и начали создавать многосемянные самоопыленные линии в качестве компонентов гибридов. Среди таких линий Ф. Оуэн обнаружил мужкостерильные (по пыльцевым зернам) многосемянные растения, которые завязывали семена только от скрещивания с другими растениями – самостерильными (self-incompatible) или самофертильными (self-fertile). Некоторые из этих растений закрепляли в потомстве признак мужской стерильности.

В результате тщательного изучения явления ЦМС Ф. Оуэн предложил стройную генетическую схему проявления и наследования мужской стерильности сахарной свеклы. Вкратце суть этой схемы сводится к следующему: мужкостерильные растения обуславливаются специальной цитоплазмой S, если она сочетается с двумя парами рецессивных гомозиготных генов – Sxxzz. Чтобы сохранить в потомстве признак мужской

стерильности, нужен опылитель с такими же генами, но с нормальной цитоплазмой N. Такой опылитель с генотипом Nxxxzz ученый предложил называть O-тип (Оуэн-тип). В русской литературе чаще пишут «OT». Первыми растениями такого типа были многоростковые, но гипотеза Ф. Оуэна полностью совпала с закономерностями наследования этого признака и у раздельноплодных форм, что позже подтвердилось и в наших исследованиях. Первые в России многосемянные линии O-типа были зафиксированы в 1966 г. на базе сорта Рамонская 06.

Особого внимания заслуживала полностью самофертильная линия РФ 243/563 – первое поколение инцухта линии № 243, которая в последующем использовалась в скрещиваниях для создания раздельноплодных самофертильных линий O-типа [34, 36, 220, 222].

Открытие Ф. Оуэном ЦМС у многосемянной свеклы привело к большим изменениям в схемах, теории и практике селекции, семеноводства и технологии возделывания односемянной сахарной свеклы [284; 303; 304].

#### **1.4 Основные направления и методы селекции сахарной свеклы**

Несмотря на трудности переходного периода в сельскохозяйственном производстве сахарная свекла на юге России сохранила статус одной из самых экономически выгодных культур, возделываемых в этой зоне. В этом важнейшем для отрасли свекловодства регионе ежегодно производится 25 и более процентов от общего объема корнеплодов в России.

В последние годы в Краснодарском крае наблюдается рост урожайности при относительно стабильной площади свеклосеяния с соответствующим увеличением валовых сборов корнеплодов. Рекордный за последнее десятилетие валовый сбор фабричной сахарной свеклы в Краснодарском крае был получен в 2010 году – 6,8 млн т. Это было достигнуто, в основном, как за счет увеличения площади свеклосеяния (до 194,9 тыс. га.), так и повышения урожайности (35 т/га).

Дальнейшее развитие отрасли свеклосахарного производства сдерживается, в основном, из-за того, что в отдельных хозяйствах не соблюдается апробированная технология возделывания этой культуры. Это несоблюдение и нарушения принципов ведения севооборотов и обработки почвы, и ограниченное внесение органических и минеральных удобрений, несоблюдение соотношения элементов почвенного питания, и несвоевременное проведение химических и агротехнических приемов борьбы с сорной растительностью и др. [4, 24, 27, 49, 61].

Серьезной проблемой в Краснодарском регионе остается сравнительно низкое содержание сахара в корнеплодах. По многолетним данным этот показатель ниже среднероссийского на 1,0-1,5 %, а в отдельные годы на 2 %. Главной причиной этого является поражение в августе-сентябре листового аппарата церкоспорозом, который приводит к потерям части сахара уже накопленного в корнеплодах [153, 166, 199, 211].

В связи с этим, достигнутые в свекловодстве результаты не носят повсеместный характер, не везде складывается высокий уровень продуктивности посевов. Свекловодство в регионе, по-прежнему, остается одной из наиболее трудоемких технологически и организационно сложных отраслей, что вызывает крайнюю нестабильность производственных показателей в пространстве и во времени.

Устойчивый переход свекловодства на интенсивное развитие возможен лишь при строгом соблюдении ряда факторов. Решающим из них является создание и внедрение в производство высокопродуктивных церкоспороустойчивых гибридов сахарной свеклы и обеспечение отрасли высококачественными семенами [28, 82, 244].

Все кубанские гибриды сахарной свеклы созданы традиционно сложившимися методами селекции, основанными на гибридизации, отборе и поиске спонтанных хозяйственно-ценных мутаций. И хотя эти методы селекции до сих пор сохраняют свое значение, все труднее становится добиваться при использовании только этих методов новых значительных

успехов. Назрела необходимость все шире использовать новейшие достижения других биологических наук для разработки и реализации на практике принципиально иных селекционных технологических схем, техники получения исходных материалов и новых гибридов.

Получение новых конкурентоспособных гибридов, ускорение темпов селекционного процесса в настоящее время невозможно без комплексного использования разных методов селекции, таких, как внутривидовая гибридизация, маркер опосредованных отборов, инцухта (инбридинга) применения способов генетически регулируемого гетерозиса с использованием цитоплазматической мужской стерильности, а в перспективе – переход к технологии селекционного процесса с использованием рекомбинантной ДНК [46, 258, 259, 266, 270].

Особую значимость в селекционной работе приобретает знание закономерностей формирования признаков и свойств свекловичного организма на разных этапах онтогенеза, разработка новых методов ранней диагностики продуктивности и устойчивости растений в экстремальных условиях среды [41, 42, 71, 72, 93].

Сахарная свекла как объект исследований является продуктом сложной и длительной эволюции. В процессе эволюции предки сахарной свеклы подвергались определенным внешним воздействиям, возникали мутации, появлялись новые свойства, которые закреплялись или отвергались естественным отбором. В зависимости от характера экологических условий формировались экотипы, которые, дифференцируясь на отдельных этапах филогенеза, трансформировались в современные разнообразные генотипы сахарной свеклы. Применяя искусственный отбор, человек отбирал отдельные особи, которые наиболее богаты резервными веществами в легкоусвояемой форме в виде сахарозы. В результате этого сахарная свекла резко отличается от своих диких сородичей. Повысилась ее пищевая и хозяйственная ценность, в то же время, она стала менее устойчивой к неблагоприятным условиям среды и более привлекательной для вредных организмов. Кроме того, нельзя не

отметить, что в ходе селекции, а также в процессе увеличивающихся доз применения химических веществ, у растений свеклы могут подавляться исторически сложившиеся иммунно – регуляторные системы, в то же время, некоторые виды микроорганизмов из неактивных могут превращаться в агрессивные. Эти факты свидетельствуют о сложности взаимоотношений в системе человек-почва-среда и требуют при планировании селекционных исследований четкого аргументированного направления научной работы [142, 158, 183, 228, 234, 251].

Многое в селекционной практике еще не известно, но, опираясь на открытые закономерности, поставлена задача, получить гибриды сахарной свеклы, обладающие мощным фотосинтезирующим и емким эффективным биохимическим аппаратом, которые экономично, рационально расходуют энергию и субстрат на дыхание. Для создания таких растений нужны соответствующие источники, в поисках которых решающую роль играют не только сложившиеся методы селекционной работы, но и правильный выбор критериев физиологической и технологической оценки исходного перспективного материала [101, 109, 113, 117]. Из литературных источников известно, что отдельные линии и гибриды, в силу своей физиологической и генотипической разнокачественности неодинаково реагируют на воздействие внешних факторов. Генотипические различия по ряду биолого-хозяйственных признаков между различными формами являются благоприятной основой для познания генетических и физиологических процессов, комплексной оценки признаков и эффективного отбора желаемых биотипов [79, 80, 85, 86, 91].

Длительный период (1930-1985 гг.) в Кубанской селекции сахарной свеклы преобладало мнение о возможности достигнуть высокой эффективности у межсортовых и сортолинейных гибридов. Соответственно таким воззрениям утверждались методологии и методы проведения селекционно – семеноводческих исследований.

За этот период неоднократно менялись направления исследований среди которых выделились следующие:

- создание многоростковых сортов и межсортовых гибридов (Первомайская 028 и др.);
- создание анизоплоидных; триплоидных и диплоидных гибридов (Кубанский полигибрид 9 и Первомайский полигибрид 10);
- создание диплоидных однострковых сортов (Северо-Кавказская односемянная 42);
- с 1983 года (на 30 лет позже, чем в западных странах Европы) доминирующим направлением селекционных работ стало получение гетерозисных гибридов сахарной свеклы с использованием стерильных по пыльце форм [88, 95, 120, 138].

Со сменой направлений селекции менялись методология, методы и, в конечном счете, технологии всего селекционного процесса. Постепенно осуществлялся переход от использования популяций к линиям.

Современное направление селекции сахарной свеклы можно сформировать как создание раздельноплодных (односемянных) гибридов с использованием явления цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) на линейной основе.

Стерильность по пыльце константного материнского компонента скрещивания обеспечивает стопроцентную гибридизацию и способствует более полному проявлению эффекта гетерозиса у гибридного потомства F1.

Так селекция сахарной свеклы на гетерозис в обязательном плане стала включать следующие основные технологические этапы:

- получение константных инцухт (самоопыленных) линий, в том числе односемянных (О-типов) и их МС аналогов, многосемянных линий (опылителей);
- оценка линий по устойчивости к биотическим и абиотическим факторам;
- тестирование линий по признакам общей и специфической комбинационной способности;
- размножение стерильных по пыльце форм;

- получение МС гибридов, обладающих эффектом гетерозиса;
- проведение разных видов полевых испытаний пробных и коммерческих гибридов, а также Государственное и производственные испытания.

Развитие гетерозисной селекции стало возможным благодаря трудам отечественных и зарубежных селекционеров В. Савицкого, Ф. Оуэна, Н. Зайковской, Н. Орловского, Н. Неговского, А. Оканенко, В. Панина, О. Коломиец, А. Макогон, И. Балкова и многих других.

Однако темпы развития селекционных работ существенно сдерживала лысенковская агrobiология, которая не признавала метод инцухта, понятие комбинационной способности, ценности растений О-типа и неверно интерпретировала сущность явления гетерозиса [56, 57, 60, 98, 107, 108].

Несмотря на изложенные и другие трудности (отсутствие квалифицированных кадров, слабая материальная база) Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свеклы сохранила свой основной селекционно-семеноводческий профиль.

Зарождение опытной станции началось с организации в 1925 году по инициативе Первого Кубанского сахарного завода Первомайской опытно-селекционной станции «в целях разностороннего улучшения кубанского свекловодства».

В короткие сроки (1983-1995 гг.) научно-технический персонал научного учреждения полностью освоил методы и технику гетерозисной селекции. Впервые были созданы константные раздельноплодные линии О-типа СКЛ 4936, СКЛ 7994 и др. Их мужскостерильные аналоги получали с использованием стерильной формы, полученной от Всесоюзного НИИ сахарной свеклы. Параллельно проводилась работа, и были получены сростноплодные (многосемянные) линии опылители, такие как СКЛ 4738, СКЛ 4977 СКЛ 4995, СКЛ 5050, СКЛ 5063, СКЛ 5121, СКЛ 8949, СКЛ 9855, СКЛ 10182, СКЛ 10183, СКЛ 10632, СКЛ 13710, СКЛ 19957 Яп., СКЛ 19963

США, СКЛ 21695 Герм. и др. которые при тестировании показали высокую общую и специфическую комбинационную способность.

Вскоре подтвердилось, что в селекции на гетерозис сахарной свеклы, как и кукурузы, главным является не собственная продуктивность линий, а их комбинационная способность и процентное содержание гибридной фракции семян.

Используя метод односторонних циклических скрещиваний и тестирование физиологических процессов на станции получены и включены в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации следующие высокопродуктивные гибриды сахарной свеклы, как Линейный МС 05, Кубанский МС 91, Кубанский МС 92, Кубанский МС 95, Вектор, Кулон, Успех, Рубин, Карат, Первомайский. В Государственное испытание переданы новые церкоспоростойчивые гибриды Фрегат, Корвет и Престиж.

Отличительной особенностью гибридов сахарной свеклы Кубанской селекции является их высокая устойчивость к церкоспорозу, адаптивность к почвенно-климатическим условиям Северо-Кавказского региона.

По многолетним данным конкурсного, государственного и производственного испытаний в богарных условиях урожайность корнеплодов этих гибридов в отдельные годы достигала 65-70 и более т/га, сахаристость – 16-18 %, а сбор сахара – 10-11 т/га. Обладая мощным листовым аппаратом, гибриды, имея высокую устойчивость к церкоспорозу, корневым и кагатным гнилям, позволяют ежегодно обеспечивать рентабельность свекловодства.

Однако они не обладают достаточными технологическими качествами, а по урожайности уступают лучшим гибридам селекции развитых европейских стран [18, 83, 94, 104, 121, 129, 137].

Для повышения конкурентоспособности гибридов основное усилие в селекционных исследованиях последних лет было направлено на изучение индивидуальной реакции отдельных генотипов на неблагоприятно воздействующие факторы внешней среды. На основе генетико-статистических

критериев была обоснована возможность использования в селекции сахарной свеклы дополнительных тестов и отбора исходного материала на ранних этапах онтогенеза.

Известно, что за фенотипической однородностью особей скрывается разнообразие генотипов, в первую очередь по физиологическим признакам (устойчивости к низким положительным температурам в весенний период, к применяемым гербицидам, засухе).

Генетический потенциал сахарной свеклы по устойчивости к средовым факторам практически не исследован.

Особое значение в селекционной практике и в производстве имеет исследование холодостойкости гибридов. Сахарная свекла на значительных площадях подвергается длительному возврату холодов в весенний период, что служит нередко причиной низкой полевой всхожести и неравномерности густоты насаждения. Учитывая, что различия между линиями (родительскими формами) генетически обусловлены, открывается возможность целенаправленным подбором компонентов скрещиваний повысить способность гибридов более длительный период переносить сравнительно высокий стрессовый фон.

С физиологической точки зрения гибриды, устойчивые к определенному уровню стресс-факторов, поддерживают более или менее уравновешенное состояние всех физиологических процессов и способны давать стабильные и сравнительно высокие урожаи [99, 127, 128, 159].

В общем понимании устойчивость растений сахарной свеклы к внешним условиям среды обеспечивается при помощи двух различных механизмов.

1. За счет того, что растение в неблагоприятные периоды уходит в состояние покоя, полностью или частично прекращает обмен с внешней средой (например, в полуденную жару). После прекращения неблагоприятного воздействия растения легко возобновляют рост и развитие.

2. Устойчивость обеспечивается тем, что растение обладает активным биохимическим аппаратом, способным функционировать в широком

диапазоне внешних условий без существенного изменения параметров жизнедеятельности под воздействием стресс-факторов. Такие растения представляют ценность как исходный материал для селекции.

Познание закономерностей устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды проводится по двум направлениям:

1. Физиолого-генетическом, т.е. изучаются физиологические процессы, характер реализации генетической информации на отдельных этапах онтогенеза, дифференцируются и отбираются изучаемые материалы по интенсивности протекания физиологических процессов с последующей оценкой отобранных форм по признаку комбинационной способности.

2. Путем изучения нормы реакции исходных форм и гибридов на воздействие факторов среды в целях использования хозяйственно-ценных модификаций.

Не умаляя значения второго направления, следует отметить, что наиболее перспективным является первое направление, которое включает в себя как познание жизненно важных функций растений, так и отбор различных по продуктивности форм в зависимости от генотипических особенностей. В этом аспекте большую значимость приобретает разработка методов оценки и ранней диагностики устойчивости растений для целей селекции и семеноводства. Исследования такого рода в Кубанской селекционно-семеноводческой станции проводятся с целью изучения способности растений свеклы переносить низкую температуру и гербицидную нагрузку, т.е. изучается в ряду поколений реакция растений на изменение условий выращивания.

Однако прямое тестирование сахарной свеклы по таким признакам связано с большими трудностями из-за большого объема исследований, отсутствия надежных методов, позволяющих проводить как первичную оценку и дифференцирование на ранних этапах развития растений, так и в более поздние периоды онтогенеза. В последние годы исследования усилены

в поиске косвенных методов оценки устойчивости растений к различным стресс-агентам [192, 201, 205, 213, 252, 253].

В качестве экспресс-метода обычно используется способность семян набухать и прорасти в растворах с повышенным осмотическим давлением, в которых лучше набухают и прорастают семена устойчивых растений. Эти методы широко адаптированы на семенах злаковых культур. Литературных данных по широкому использованию таких методов в процессе получения новых гибридов сахарной свеклы не известно.

Следует отметить, что независимо от того, какой метод оценки будет использован, основным показателем устойчивости растений является величина продуктивности, получаемая после воздействия неблагоприятных факторов. Неустойчивые гибриды в отдельные неблагоприятные годы сильно снижают урожай корнеплодов и уровень сахаристости. Установленные нами на первых этапах исследований различия в степени устойчивости между гибридами и линиями, позволяют уверенно надеяться на повышение уровня устойчивости путем отбора в 3-4-х последовательных поколениях [134, 135, 138, 139, 150].

Исследования последних лет позволили повысить у новых гибридов Рубин, Карат, Успех и Первомайский устойчивость к неблагоприятным условиям выращивания.

Установлено, что реакция гибридов сахарной свеклы на воздействие низкими положительными температурами 6 и 9°C в процессе проращивания семян была различной. С понижением температуры всхожесть семян и длина ростка снижалась у всех гибридов, но в различной степени. Так, при 9°C наименьшее снижение всхожести наблюдалось у гибрида Кубанский МС 81 и у гибрида иностранной селекции Бьянка. Подобные результаты получены и у родительских форм соответственно по каждому гибриду.

Экспериментальным путем найдены рабочие дифференцирующие температурные и гербицидные фоны в процессе проращивания семян с целью изучения сопряженности наследственной связи между характером

прорастания семян и устойчивостью растений сахарной свеклы. Способом отбора семян, проросших в экстремальных условиях, повышена устойчивость хозяйственно-ценных форм к неблагоприятным условиям среды в полевых условиях.

Селекционно-генетические особенности определенного гибрида существенно влияют на уровень продуктивности, но не менее важное значение имеет заводская предпосевная подготовка семян и соблюдение технологии их выращивания.

По результатам многолетних исследований отечественных и зарубежных ученых, доля снижения продуктивности из-за неполного соблюдения технологических приемов может составлять следующие величины:

- селекционно – генетического – 12-16 % (2-3 т/га);
- технологии выращивания семян – 15-20 % (3-4 т/га);
- технологии послеуборочной и предпосевной подготовки семян на заводах – 19-25 % (3-5 т/га) и более.

Суммарно потери от трех перечисленных факторов могут составить 8-12 т/га и более. Снижение урожайности при нарушении агротехнических требований в процессе выращивания фабричной сахарной свеклы может достигать 30-60 и более процентов.

Это означает, что в среднесрочной программе развития свекловодства следует первоочередное внимание уделять технологиям выращивания семян, предпосевной подготовке их на семенных заводах и при выращивании сырья для сахарных заводов. Параллельно всемерно развивать селекцию как важнейшую составляющую всего свекловичного комплекса.

Результаты изучений показали, что для каждой линии и гибрида свойственен свой уровень устойчивости. При достаточно высокой напряженности стресса одни генотипы выдерживают нагрузку и адаптируются, а другие в тех же условиях могут погибнуть.

Наиболее устойчивые формы (более 70 номеров) отобраны и включены для изучения по общей и специфической комбинационной способности.

Линии с каталожными номерами СКЛ 5121, СКЛ 5063, СКЛ 8949, СКЛ10632, СКЛ 10183, СКЛ 5050, как показавшие высокую комбинационную способность, были использованы в качестве гетерозисных опылителей (отцовских компонентов скрещивания) в процессе получения новых гибридов Вектор, Кулон, Успех, Рубин, Карат и Первомайский [126, 128, 136].

### **1.5 Современные этапы селекции сахарной свеклы**

В селекции сахарной свеклы, в отличие от других культур непременно должны учитываться три специфических фактора.

1) Сахарная свекла (*Beta vulgaris* L.) относится к числу перекрестно опыляемых двулетних растений, что значительно удлиняет процесс селекции: сначала корнеплоды, а на 2-й год – семенные растения. Обе фазы роста и развития являются объекты селекционно-биологических и молекулярно-генетических исследований [73, 77, 100, 111, 127, 131, 132].

2) В отличие от многих культурных растений конечным результатом селекции сахарной свеклы является гибрид F<sub>1</sub>, семена которого используются только на коммерческие цели (выращивание корнеплодов – как сырье для сахарных заводов) и непригодны для воспроизводства, что значительно усложняет и без того технически сложный процесс селекционной работы [59, 75, 76, 151, 261, 263].

3) Этапы селекции разделяются лишь по схеме. В действительности все этапы (создание исходного материала, инцухтирование, гибридизация, оценка компонентов и пробных гибридов (по ряду признаков), первичное семеноводство и размножение компонентов в коммерческих целях) осуществляются из года в год в полном объеме (рисунок 1).

В селекционной работе условно можно выделить 5 этапов, каждый из которых длится два года (свекла 1-го года – корнеплоды; и 2-го года – семена),

и, в целом, выполняемые ежегодно во времени и в пространстве в течение 10-12 лет.

1. Создание исходного селекционного материала. Методы работы: поиск, отбор и гибридизация, обмен, приемы генетики, генная инженерия и др. Работа выполняется ежегодно по свекле первого и второго периода жизни.

2. Отбор доноров, селекционное и молекулярно-генетическое изучение образцов (инцухт, гибридизация, оценка по плодности, ЦМС, фертильности, синхронности фаз развития, посевным качествам, толерантности к абиотическим и биотическим факторам и др.), создание пробных гибридов (работа ведется ежегодно).

3. Индивидуальное размножение и скрещивание наиболее ценных и проверенных по потомству различных по генотипу линий компонентов, выращивание гибридных семян (различных типов гибридов), отбор и определение посевных качеств материала (ежегодно).

4. Предварительное и конкурсное (основное) испытание гибридов, определение ОКС и СКС линий – компонентов гибридов, молекулярно-генетическая и селекционная паспортизация линий и гибридов (ежегодный процесс).

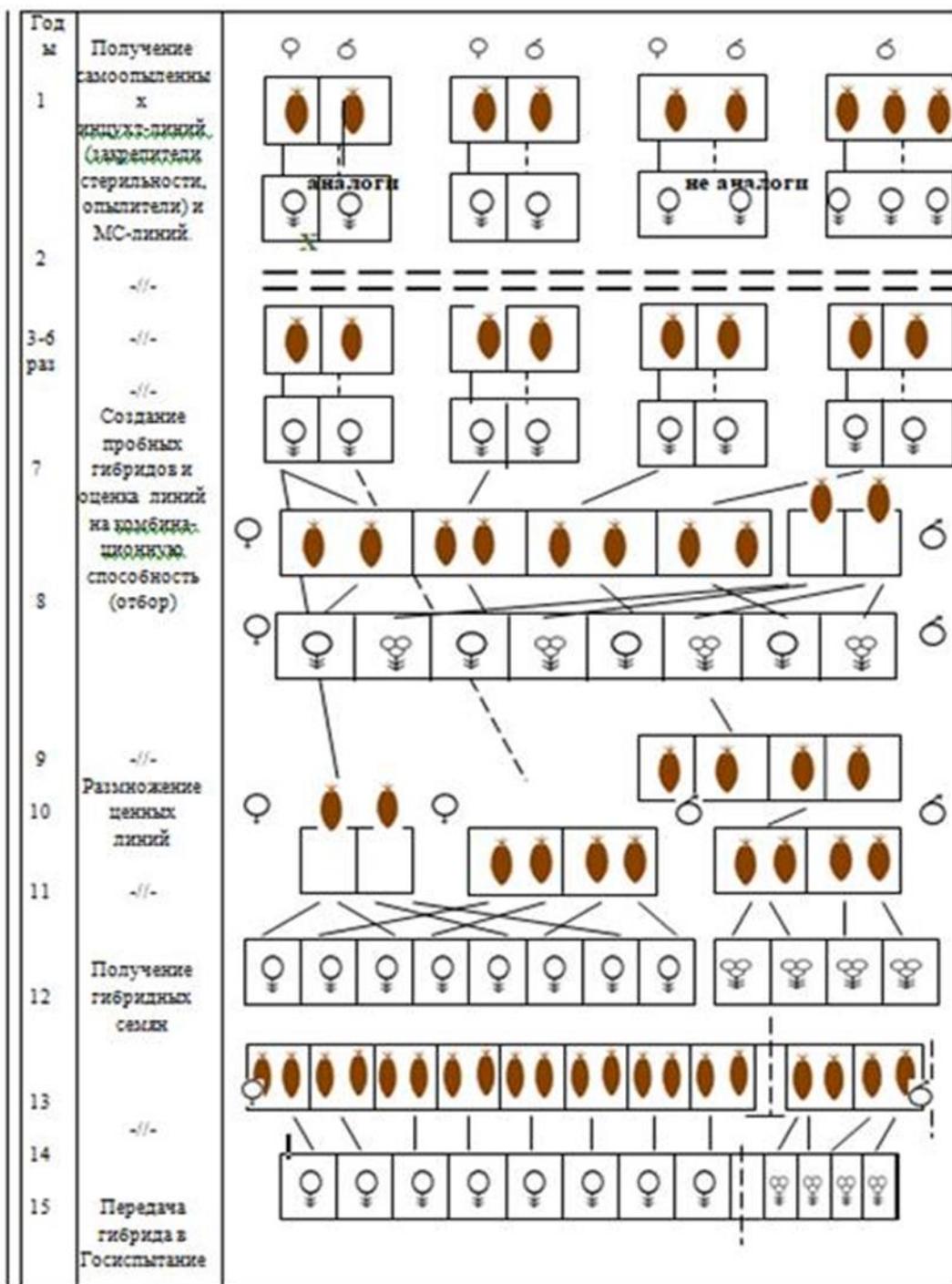
5. Отбор и передача лучших по продуктивности, качеству сырья и рентабельности гибридов сахарной свеклы на Государственное испытание и выращивание гибридных семян F1 (после всесторонней селекционно-генетической оценки).

В минувшем веке в селекции сахарной свеклы произошли огромные изменения. На смену многосемянным сортам-популяциям селекционеры стали создавать сначала менее затратные односемянные сорта-популяции (они оказались низкопродуктивными), затем межсортовые и полиплоидные гибриды, а с 50-х годов - высокопродуктивные гибриды на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС, сокр. - МС). МС-гибриды сахарной свеклы получают от скрещивания односемянных материнских МС-форм, поддерживаемых линиями О-типа (МС1 х ОТ1 – аналоги, или МС1 х

ОТ2 –сингл-кроссы), с многосемянными (ММ) фертильными отцовскими компонентами, которые используют или в форме популяций, линий, синтетиков. В зависимости от числа и генотипа компонентов, участвующих в скрещиваниях, гибриды подразделяют на три основных типа (таблица 1).

Таблица 1 - Типы и компоненты гибридов сахарной свеклы

Типы и схемы создания гибридных семян	Компоненты гибридов		Примечание
	материнские - <i>односемянные</i>	отцовские – <i>многосемянные</i>	
А) Простые (двухлинейные) $mm F_1$ Схема создания: ЦМС x ММ-линия	ЦМС-линия $mm$ (поддерживается линией $mm$ О-типа)	ММ-линия ( <i>или</i> <i>ММ-популяция –</i> <i>менее селекционо</i> <i>ценная</i> )	Конкуренто- способные гибриды
Б) 3-х линейные гибриды Схема создания $F_1$ : ЦМС, $F_1$ xММ (Сингл-кросс x ММ линия-опылитель)	ЦМС, $F_1$ сингл-кросс от скрещивания МС с неродствен- ным О-типом	ММ-линия опылитель	Конкурентноспо- собные, используются в Европе, США, РФ и др. странах
В) 4-х линейные (дабл-кроссы) Схема: 1) ЦМС, $F_1$ x (ММxММ) (синтетик). Или: 2) ЦМС, $F_1$ x ГМС $F_1$ (сингл-кросс x сингл-кросс)	ЦМС, $F_1$ сингл-кросс от скрещивания $mm$ МС с неродствен- ным О-типом $mm$	(ММ x ММ) (синтетик) или сингл-кросс: ГМС $F_1$ от скр. ГМС x ММ	Часто используются в Европе, США и др. странах
Г) Биотехгибриды. Те же генотипы, но отличающиеся толерантностью к абиотическим и биотическим факторам	Те же МС или ЦМС, $F_1$ , но отличающиеся толерантностью к абиотическим и биотическим факторам	Те же опылители, но отличающиеся толерантностью к абиотическим и биотическим факторам	Гибриды используются в США, Канаде, Японии, Китае, Индии и др. странах



♀ - материнская форма, ♂ - отцовская форма, - корнеплод, - семенник

Рисунок 1 – Этапы селекции сахарной свёклы на примере получения гибрида Кубанский МС 95

Как видно из таблицы 1, в селекции сахарной свеклы РФ в ближайшие годы предстоит переход от создания 2-х линейных МС-гибридов к более продуктивным трехлинейным, ныне используемых в странах Европы, Азии и в США, а возможно и к дабл-кроссам (4-х линейным), если станут доступны МС-формы многосемянной свеклы с генной стерильностью. В связи с этим важную роль в их размножении призваны сыграть приемы биотехнологии, включая метод культуры *in vitro* [48, 50, 78, 128].

В технологическом плане ежегодные этапы следующие:

- Создание самоопыленных линий (инцухт-линии). Инцухт-линии создают с помощью индивидуальных каркасных изоляторов (чехлы из отбеленной бязи или агроспана), в которые размещают по одному лучшему растению. Перед размещением в изоляторы проводят их пинцировку, обработку пестицидами, браковку по фенотипическим и генетическим признакам, в зависимости от цели получения линии: устойчивость к болезням, плодность (mm, MM), стерильность МС-форм (Sxxxzz), расположение листового аппарата, габитус растения и др. [145, 154, 155, 255, 271]. Продуктивность, уборка, учет завязываемости семян, плодность, всхожесть учитываются индивидуально по каждому растению. Наиболее ценные регистрируют в каталожном журнале (дают племенной номер).

Ежегодно в течение последних шести лет устанавливали 1,5-2,0 тыс. изоляторов (желательно больше). Из лучших племенных номеров повторно отбирают отдельные растения для самоопыления 3-5 раз. Только после этого можно утверждать, что созданы самоопыленные линии (инцухт-линии).

- Создание и поддержание линий О-типа и их МС-аналогов. Одновременно с созданием инцухт-линий многосемянных форм ведется отбор линий О-типа с высокой закрепительной способностью и семенной продуктивностью (по признаку самофертильности) и их МС-аналогов. Для этого используются индивидуальные и парные изоляторы. Лучшие комбинации проверяются многократно, худшие – подлежат выбраковке.

- Создание простых МС-гибридов (сингл-кроссов) и их испытание. Скрещивание раздельноплодных и сростноплодных фертильных линий с МС формами первоначально проводятся в парных изоляторах (300-400 шт.), а затем в групповых изоляторах 200-250 шт. ОКС и СКС определяют на основе циклических скрещиваний. При этом важно учитывать самофертильность линий О-типа и синхронность цветения с МС-аналогом, толерантность к болезням и другие хозяйственно-ценные признаки [211, 212, 214].

По этой схеме на трех и более участках каждый из О-типов скрещивается с тремя МС – линиями, а каждая из МС- линий скрещивается с тремя и более различающимися по генотипу линиями О-типа. Гибриды сравнивают между собой и выносят суждение об ОКС по среднему значению из трех и более комбинаций, а СКС по наиболее продуктивной паре скрещиваемых компонентов.

Наблюдения, анализы, работы по уходу и учеты те же, что и в процессе получения самоопыленных линий. По результатам сравнительного испытания определяются продуктивность гибрида и комбинационная способность линий. Наиболее ценные линии отбираются для размножения (первичное семеноводство).

- Размножение ценных линий. Первый год в питомнике размножения выращивают корнеплоды-штеклинки. В следующем году на пространственно – изолированных участках выращиваются семена линий сахарной свеклы в чистоте. Работы по уходу: селективная прополка, рыхления в междурядьях, обработка от заболеваний и вредителей, браковки по плодности, стерильности, габитусу растений. Учеты, уборка – ручная срезка, сушка, обмолот – очистка, анализ семенного материала.

- Получение гибридных семян. Гибридизация наиболее ценных линий-опылителей с МС формой проводится на пространственно - изолированных участках с целью получения гибридных семян F<sub>1</sub>, в достаточном количестве для сравнительного испытания и демонстрационных опытов. Выращенные семена включаются в предварительное и основное испытания. По результатам

испытаний семена F1 наиболее ценных гибридов выращиваются для производственного и Государственного испытаний.

- Предварительное и сравнительное испытание. Гибридные семена проходят сравнительное испытание однорядковыми делянками из-за нехватки семян, а лучшие из гибридов воспроизводят строго по схеме путем повторного скрещивания. Выращенные семена включают в основное, конкурсное испытание трехрядковыми делянками в 4-х или 6-ти кратном повторении.

- Государственное испытание. Семена наиболее ценного гибрида по результатам предварительного и конкурсного испытаний передаются в Государственное испытание. Испытание проводится 2-3 года. Одновременно с основным и Государственным испытанием выращиваются оригинальные (предбазисные), а затем базисные семена компонентов, в том числе семена сингл-кроссов (простые гибриды от скрещивания неродственных МС-линий и линий О- типа).

В современной практической селекции сахарной свеклы широко используется гетерозис [67, 81, 87, 96].

Общепризнанно, что гетерозис проявляется в увеличении мощности, жизнеспособности и продуктивности гибридов первого поколения по сравнению с родительскими формами. При последующих пересевах гетерозис снижается. Большинство исследователей считают, что более мощное развитие вегетативных, генеративных органов и целого ряда полезных хозяйственно-биологических признаков проявляется за счет доминирования или сверхдоминирования соответствующих генов, объединяющихся от различных родителей в одном генотипе. В последующих поколениях происходит расщепление, степень гетерозиготности уменьшается, что сказывается на степени проявления гетерозиса и уровне урожайности [127, 128, 156, 169, 176].

Есть и гипотеза генетического баланса, согласно которой у гибридных организмов воссоздаются недостающие элементы за счет различных типов взаимодействия генетических, цитоплазматических, физиологических и

биохимических факторов между собой и с условиями окружающей среды [181, 185, 186, 191].

Явление повышения мощности гибридов по сравнению с родительскими формами впервые было описано И. Кельрейтером еще в середине семнадцатого века. Однако вопросы теории гетерозиса наиболее обстоятельно изложены Ч. Дарвиным в известном труде «Действие перекрестного опыления и самоопыления в растительном мире» (1876 г.) он пришел к выводу, что гетерозис является результатом объединения разнокачественных гамет, а степень его проявления повышается по мере увеличения различий между родителями.

Методы получения гетерозисных семян принадлежит американскому исследователю Г. Шеллу, который предложил и термин «гетерозис» в 1914 году. Первые гибриды кукурузы в России получены и испытаны В.Талановым. Несколько позже Б. Соколов на Днепропетровской ОСС создал межсортовой гибрид Первенец (сорт Браун Куанти х Грушевская, 1939 г.) и сортолинейный гибрид Успех (сорт Днепропетровская х линия Г-380, районирован в 1947 г.).

В конце 40-х годов 20 века на Кубанской опытной станции ВИР И. Кожухов и Г. Галеев создали межлинейные гибриды ВИР-42, 25, 56 и др. на фертильной основе с использованием обрывания метелок, пока не перешли к цитоплазматически мужской стерильности – ЦМС формам [164, 170, 174, 175].

Исключительный прогресс начался с открытия цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС). За серию работ с ЦМС в 1963 году М. Хаджинов, Г. Галеев, В. Козубенко были удостоены Ленинской премией.

Для получения гибридных семян на основе ЦМС потребовалось создание стерильных аналогов (Цs rfrf обозначение для кукурузы, а для свеклы МС – ххzz mm O – типа, так впервые назвал селекционер F. Owen), фертильных закрепителей стерильности (ЦN rfrf – обозначение для кукурузы, а у свеклы OT ххzz mm) и фертильных восстановителей фертильности (ЦN RfRf – обозначение для кукурузы, а для свеклы NXXZZ MM) по каждому комплекту родителей, участвующих в создании того или иного гетерозисного

гибрида. При наличии таких аналогов осуществляется работа по производству гибридов в больших объемах для перевода всего семеноводства на гетерозисную основу в производственных условиях, имея для этой цели сеть 3-х групп специальных семеноводческих хозяйств: I группа (оригинальные или предбазисные семена), II группа (базисные или элита) и III группа – фабричные семена [47, 52, 84, 88, 115, 119].

В отличие от сортов-популяций (смесь фертильных растений) гетерозисные гибриды получают путем скрещивания (гибридизации) материнского компонента (на основе ЦМС) с отцовским компонентом, каждый из которых представляет собой варианты линий различного происхождения\*).

В упрощенном виде различное формирование гибридов на конечном этапе семеноводства (на основе базисных семян) представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Схемы получения гибридов сахарной свеклы

Материнский компонент (МС)		Отцовский компонент ММ (фертильный)		
1		2		
	МС-линия <sub>1</sub> х О-тип = аналог при многократном скрещивании	Многосемянный, сорт-популяция или потомство педигри, линия		
	МС-линии <sub>1</sub> х ММ - популяция			
Так МС-гибриды F <sub>1</sub> получали, пока не были созданы многосемянные самоопыленные линии				
	МС-линия <sub>1</sub> х О-тип = аналог при многократном скрещивании	ММ линия, ценная по СКС в данной комбинации		
	МС линии <sub>1</sub> х ММ - линия			
По этой схеме МС-гибриды F <sub>1</sub> часто получают в России (двухлинейные)				

1		2	
МС-линия <sub>1</sub> x О-тип <sub>2</sub> (не родственный) от однократного скрещивания = сингл кросс F <sub>1</sub>		ММ F (1-я линия) x ММ (2-я линия) на фертильной основе = синтетик	
	МС-F <sub>1</sub> x ММ - синтетик		
По этой схеме получают трехлинейные МС – гибриды F <sub>1</sub>			
МС – линия <sub>1</sub> x О-тип <sub>2</sub> от однократного скрещивания = сингл-кросс F <sub>1</sub>		ММ (ядерная мс) x ММ F = F <sub>1</sub> на основе ядерной мс с восст. фертильности	
	МС x ММ F <sub>1</sub> яд. мс		
Так получают четырехлинейные МС-гибриды F <sub>1</sub> (даблкрессы в ФРГ, США и др.)			

*Примечание:* в схемах представлен последний этап формирования наиболее ценных для производства гибридных (коммерческих) семян F<sub>1</sub>.

Материнский и отцовский компонент в данных схемах представлены базисными семенами. Создание компонентов (линий или сингл-кроссов F<sub>1</sub>) осуществляется в процессе формирования оригинальных (предбазисных) семян путем всестороннего изучения генотипа линий – кандидатов в компоненты гибрида.

К числу наиболее значимых признаков относятся: 100 %-ная односемянность О-типа и его МС-аналогов, стабильная закрепительная способность О-типа по признаку полной стерильности, четко выраженные генотипические различия между О-типом<sub>1</sub> (аналогом МС) и неродственным О-типом<sub>2</sub>, их специфическая комбинационная способность (СКС), а главное – ОКС и СКС опылителей и МС компонентов (таблица 2).

Для любых линий О-типа и ММ-опылителей при скрещивании их с МС – растениями важным показателем является синхронность цветения компонентов и пыльцеобразовательная способность. От этих показателей во

многим зависит урожайность и посевные качества гибридных семян на материнских растениях.

Большое значение придавалось толерантности к болезням, габитусу растений, всхожести и энергии прорастания семян и др. [123, 124, 142, 147, 171].

Современная схема получения гибридов сахарной свеклы предполагает скрещивание раздельноплодных, мужскостерильных линий с сростноплодными линиями – опылителями на этапе получения фабричных генераций семян. Это вызвано тем, что сахарная свекла является гермафродитным растением, имеющим мелкие обоеполые цветки, что препятствует проведению кастрации материнских растений в процессе гибридизации в больших масштабах.

За последние годы созданы МС линии сахарной свеклы стерильные по пыльце, большая часть которых имеют стерильность на уровне 98-100 %. Это позволяет более полно провести гибридизацию в фабричных генерациях семян в процессе семеноводства. Но из-за длительного размножения и опыления подобранной линией закрепителем стерильности О-типа и узкой генетической основы большинство раздельноплодных линий имеют более низкую семенную продуктивность, неудовлетворительные качества семенного материала, а также низкую устойчивость к отдельным заболеваниям [142; 160; 162; 168].

Эти недостатки преодолеваются в основном путем гибридизации с сростноплодными линиями опылителями, донорами ценных биолого-хозяйственных признаков [155, 174, 189, 193, 195].

По способу получения гибридов сахарной свеклы в исследованиях придерживались следующей классификации:

- межсортовые – полученные в результате скрещивания двух сортов;
- сортолинейные – полученные в результате скрещивания сорта и линии;
- двухлинейные – полученные в результате скрещивания двух линий;

- трехлинейные – полученные при скрещивании простого МС гибрида с линией;
- четырехлинейные – полученные в результате скрещивания простых гибридов материнского и отцовского компонентов.

Использование межсортовых и сортолинейных гибридов сахарной свеклы не позволяло получать стабильную урожайность в связи со сложным поддержанием хозяйственно-ценных признаков родительских форм и определенными сложностями в процессе семеноводства [194; 196; 201; 204; 218].

В США и в некоторых других странах в качестве материнских компонентов гибридов используются простые МС-гибриды. Это вызвано необходимостью преодоления инбредной депрессии, из-за которой МС линии, как правило, имеют пониженную семенную продуктивность. Эта схема более сложная, так как необходимо находить и поддерживать второй О-Тип (закрепитель стерильности) с высокой комбинационной способностью [260, 264, 268, 278].

В настоящее время в отечественной и зарубежной селекции сахарной свеклы широко используются двухлинейные гибриды, создаваемые скрещиванием раздельноплодной ЦМС линии mm с сростноплодной ММ линией – опылителем, реже используются трехлинейные гибриды, которые получают скрещиванием простого МС гибрида (сингл-красса) mm с линией – опылителем (таблица 3).

Таблица 3 - Типы гибридов сахарной свеклы

Схемы получения гибридных семян	Компоненты гибридов	
	Материнские раздельноплодные	Отцовские сростноплодные
1	2	3
Простые (двухлинейные)		
ЦМС линия mm x ММ-линия	ЦМС-линия mm (поддерживается О-типом)	ММ-линия-опылитель

1	2	3
3-х линейные гибриды		
ЦМС F <sub>1</sub> mm x MM линия (сингл-кросс x MM линия опылитель)	ЦМС F <sub>1</sub> mmmm Сингл-кросс от скрещивания МС mm с неродственным О-типом mm	MM-линия- опылитель
4- линейные (дабл-кроссы)		
1) ЦМС F <sub>1</sub> mm x (MM x MM) 2. ЦМС F <sub>1</sub> x ГМС F <sub>1</sub> (сингл-кросс x сингл-кросс)	ЦМС F <sub>1</sub> mm Сингл-кросс от скрещивания МС mm с неродственным О- типом mm	(MM x MM) или сингл-кросс ГМС F <sub>1</sub> от скрещивания ГМС x Mm

В научных публикациях приводятся противоречивые данные относительно преимущества использования раздельноплодных МС линий и простых МС-гибридов в качестве материнского компонента. Одни исследователи доказывают, что обе группы гибридов не отличаются существенно по показателям продуктивности и более того, простые МС-гибриды не превышают значительно соответствующие МС линии даже в отношении их семенной продукции. Антонов (1997) так же утверждает, что гибридизация между МС линией и неродственным О-типом не способствует повышению урожайности семян, по сравнению с материнской линией, то есть в таких случаях нет эффекта гетерозиса [150; 271; 277].

В исследованиях ставилась цель определить показатели стерильности и раздельноплодности простых (сингл-кросс) МС гибридов, а так же изучить семенную продуктивность потомств простых сингл-кросс гибридов и истинных стерильных аналогов при получении фабричных генераций семян.

Раздельноплодные МС аналоги и простые гибриды получали скрещиванием МС линий с родственными и неродственными линиями закрепителями стерильности в парных и групповых изоляторах. Сростноплодные линии-опылители получали под индивидуальными и групповыми изоляторами. Для оценки их комбинационной способности

проводили систему циклических скрещиваний МС компонентов с линиями-опылителями на пространственно-изолированных участках. При этом учитывали стерильность и раздельноплодность МС линий и линий О-типа, самофертильность опылителей, и перекрестную совместимость, синхронность цветения с МС формами, устойчивость к болезням и уровень проявления хозяйственно-ценных признаков. Гибриды изучали в предварительном и конкурсном сортоиспытаниях, определяли общую и специфическую комбинационную способности линий компонентов скрещивания.

При изучении показателей стерильности и раздельноплодности простых (single cross) гибридов было установлено, что стерильность их по сравнению с исходными МС аналогами в большинстве случаев не снижалась и находилась в пределах 85-100 % в зависимости от неродственной линии-закрепителя стерильности. В отдельных комбинациях скрещивания стерильность простых сингл-кросс гибридов была на уровне 98-100 %, что свидетельствует о высокой совместимости и закрепительной способности неродственной линии О-типа. Показатели раздельноплодности у отдельных материалов при этом значительно снижались, что, предположительно, было вызвано эффектом гетерозиса по плодности в гибридном потомстве F1 у сингл-кроссов. Раздельноплодность простых сингл-кросс гибридов напрямую зависела от данного показателя у неродственной линии-закрепителя стерильности использованной для получения гибрида [177, 179, 180, 198].

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости расширения создания раздельноплодных линий кандидатов в закрепители стерильности с проведением подбора линий *mm* и жестких браковок по показателям раздельноплодности и стерильности у компонентов скрещивания на всех этапах получения простых (single cross) гибридов [297, 304, 305].

Другим этапом исследований было изучение семенной продуктивности простых сингл-кросс гибридов в сравнении с исходными МС аналогами при получении фабричных семян при гибридизации с сростноплодной линией опылителем. Для этого на пространственно-изолированных участках

получения экспериментальных гибридов в качестве материнской формы были высажены 3 исходные линии МС аналогов и простые сингл-кросс гибриды, полученные от скрещивания этих же линий с неродственными линиями О-типа. В среднем, на каждом участке было высажено от 30 до 50 растений каждой МС линии и простого сингл-кросс гибрида. После уборки урожая была определена средняя семенная продуктивность на одно растение каждой МС линии и сингл-кросс гибрида. Результаты учета семенной продуктивности МС линий и простых сингл-кросс гибридов показывают, что в среднем продуктивность простых МС гибридов была на уровне 92,0 г/растение, что выше семенной продуктивности исходных МС линий на 20 %.

Максимальная семенная продуктивность на 1 растение была отмечена у простых сингл-кросс гибридов МС 4935х ОТ 11301- (157 г.) и МС 12169 х ОТ 11301 - (119 г.). Однако стоит отметить, что не на всех участках семенная продуктивность гибридов была выше, чем у МС аналогов. Это, возможно, связано с нарушением синхронности цветения компонентов скрещивания, что необходимо учитывать при подборе пар скрещивания в процессе использования сингл-кросс гибридов в качестве материнской формы при получении трехлинейных МС гибридов [240, 242, 288].

Таким образом установлено:

1. При использовании сингл-кросс гибридов в качестве материнской формы при создании трехлинейных МС гибридов сахарной свеклы, важной работой является подбор пар скрещивания между линиями МС форм и неродственными закрепителями стерильности. В отдельных комбинациях скрещивания стерильность простого сингл-кросс гибрида не снижается и находится на уровне 98-100 % в зависимости от генотипа используемой неродственной линии О-типа.

2. Показатели раздельноплодности простых сингл-кросс гибридов напрямую зависели от данного показателя у неродственной линии-закрепителя стерильности, использованной для получения гибрида. Так при использовании линий закрепителей стерильности с пониженной

раздельноплодностью, в гибридных потомствах раздельноплодность резко снижалась.

3. Учеты семенной продуктивности показали, что продуктивность простых МС гибридов в среднем была на 20 % выше семенной продуктивности исходных МС линий, но в отдельных комбинациях скрещивания семенная продуктивность снижалась, что, возможно, было вызвано несинхронным цветением МС формы и неродственной линии О-типа.

4. При подборе пар скрещивания для получения сингл-кросс гибридов наряду с показателями стерильности и раздельноплодности очень важно учитывать фактор синхронности цветения компонентов скрещивания.

## **1.6 Принципы оценки комбинационной способности линий сахарной свеклы**

Понятие о комбинационной способности (КС) возникло в ходе изучения генетических причин гетерозиса. Под высокой комбинационной ценностью подразумевается способность компонентов скрещивания давать гетерозисное гибридное потомство. По мнению многих исследователей, комбинационная способность наследуется, что создает предпосылки для ведения селекции на высокую комбинационную ценность по продуктивности так же, как и на другие количественные признаки [221, 223, 233].

Об общей комбинационной способности (ОКС) судят по средней продуктивности линий в нескольких гибридных комбинациях. Специфическую комбинационную способность (СКС) выявляют в тех случаях, когда продуктивность гибридов от конкретных комбинаций скрещивания сравнивают с продуктивностью родительских линий. Иногда скрещивают попарно не линии, а сорта-популяции, и на этом основании судят о специфической комбинационной способности. Однако это неверно. Если в скрещивании участвуют два гетерозиготных сорта или сорт-популяция и линия, можно говорить только об общей комбинационной способности. Непременным условием выявления специфической комбинационной

способности и сохранения генотипа, ценного по СКС, должны быть гомозиготность родительских форм, их линейное происхождение [19, 21, 23, 29, 235].

Самая простая форма получения гибридов для оценки общей комбинационной способности – свободное опыление отобранных растений. В этом случае источник пыльцы неизвестен и среднюю ценность материнской формы определяют по потомству случайных скрещиваний, включая опыление внутри линий. Более точную оценку ОКС по сравнению со свободным опылением дает поликросс. При этом способе скрещивания каждая линия (селекционный номер) опыляется смесью пыльцы всех других линий (сортов). Отобранные для этого испытания растения размножают путем клонирования и размещают на изолированном участке так, что общая масса семян каждого клона представляет собой продукт случайного скрещивания линии, используемой в качестве материнской формы, со всеми другими линиями, выращиваемыми в питомнике и выполняющими роль отцовской формы (У.Уильямс, 1968). Само собой разумеется, что поликросс не применим по отношению к МС-линиям и простым МС-гибридам сахарной свеклы.

Еще более точным методом оценки ОКС служит топкросс. Он заключается в том, что растения материнских линий опыляют пыльцой одного известного сорта, т. е. все линии скрещивают с общим тестером. Непременное условие топ-кросса – кастрация материнских растений, если они имеют фертильную пыльцу, или использование МС-линий (или простых МС-гибридов).

Однако ни один из этих способов не позволяет определить, какие из пар скрещивания хуже или лучше. Чтобы оценить КС компонентов гибрида, у кукурузы, например, применяют диаллельные скрещивания с обязательной кастрацией материнской формы. В этом случае выявляется специфическая комбинационная способность. Испытываемые линии скрещивают друг с другом во всех возможных сочетаниях, создавая максимум комбинаций скрещиваний P2 (В. Griffing, 1956). В каждой паре один родительский

компонент служит тестером для другого, но и в этом случае обязательна кастрация растений материнской формы или использование отцовской формы с маркерным признаком.

Для сокращения объема работ по испытанию гибридов применяют неполные скрещивания. В этом случае конкретные сочетания родительских форм определяют заранее по принятой исследователем схеме скрещивания. При неполных топкроссах каждую материнскую форму вовлекают в гибридизацию не со всеми, а с несколькими тестерами. Благодаря этому исследователь может увеличить число комбинаций скрещиваний.

В 1949 г. Д. Джонс и Х. Эверт предложили для анализа линий разделять их предварительно на две половины, одну из которых используют в качестве материнских, а вторую – в качестве отцовских форм. Число гибридов в этом случае сокращается в два раза. В. Савченко (1978) рекомендовал ранжировать линии по продуктивности. Линии с нечетными номерами рангов включают в первый набор, а линии с четными номерами – во второй. Затем каждую линию первого ранга скрещивают со всеми линиями второго набора, выполняющими по отношению к изучаемой линии функции генетических анализаторов. Этим методом, который В. Савченко назвал сетпрос (сетевые пробные скрещивания), можно определить общую и специфическую комбинационную способность линий [189].

Применительно к формам с ЦМС во ВНИИСС разработан метод односторонних циклических скрещиваний, который позволяет одновременно оценивать линии по общей и специфической комбинационной способности [7-10]. Сущность этих скрещиваний заключается в том, что все линии О-типа, или линии-опылители, скрещивают со всеми МС-линиями во всех возможных сочетаниях. В отличие от диаллельных скрещиваний здесь одни линии только материнские (МС-формы), другие - только отцовские (линии О-типа или многосемянные опылители). Скрещивание проводят на изолированных участках, число которых равно числу опылителей. Материнские линии

высаживают единым набором на всех участках. Соотношение компонентов обычно 2 : 1 или 1:1.

Точность оценки исследуемых линий по комбинационной способности во многом зависит от полноты переопыления и от выбранного тестера. Для определения общей комбинационной способности обычно используют свободно опыляющийся сорт, так как прогнозирование ОКС пропорционально степени гетерозиготности тестера. Скрещивания линий с гетерозиготным тестером и со многими другими гомозиготными линиями равноценны по значению.

Использование редтестера имеет то преимущество, что линии О-типа можно изучать в качестве материнской формы. При этом компоненты гибридизации размещают на одном участке в неограниченном количестве (И. Балков, 1982). В процессе испытания оставляют гибридные растения с красной окраской. Другим тестером, который предоставляет возможность получать только гибридные семена и тем самым давать точную оценку ОКС, служит мужскостерильная популяция [9, 10]. Линии О-типа в этом случае используют в качестве отцовской формы.

Применение нескольких тестеров в значительной степени увеличивает достоверность оценки комбинационной способности, причем в большей степени, чем увеличение числа повторений. Использование двух-трех тестеров устраняет маскирующее действие доминантного и эпистатического эффектов.

Ряд авторов полагали, что для определения общей комбинационной способности целесообразнее применять тестер с наследственно низкой продуктивностью, так как он не затушевывает различия между анализируемыми линиями. И. Балков (1973) использовал сорта и тетраплоидные материалы, контрастные по продуктивности. И. Бабьяж, Н. Неговский (1971) оценивали ОКС мужскостерильных линий, применяя в качестве тестера многосемянную тетраплоидную сахарную свеклу по схеме топкросса.

После оценки линий по общей комбинационной способности выявляют их специфическую комбинационную способность (неаллельное взаимодействие). При работе над созданием гибридов на стерильной основе для определения ОКС и СКС МС-линий целесообразно использовать в качестве тестеров неродственные линии О-типа.

В свое время полагали, что испытание линий на комбинационную способность следует проводить после пяти-шести поколений самоопыления. Г. Спрэг (1946) установил, что коэффициент корреляции между продуктивностью гетерозиготных растений в предварительном скрещивании и продуктивностью линий, происходящих от них после одного поколения самоопыления, равен 0,85. М. Дженкинс (1935) пришел к выводу, что инбредные линии проявляют свой потенциал на самых ранних этапах инбридинга и сохраняют его в дальнейших поколениях. На этом основании он предложил метод раннего испытания. Общепризнано, что для селекционной проработки следует брать линии с известной комбинационной способностью [9, 10, 16;291, 294, 301].

Успех оценки селекционного материала по комбинационной способности во многом зависит от точности математической обработки данных испытания продуктивности гибридов. Статистический метод позволяет выделить комбинационно-ценные линии, определяемые генотипом, а не влиянием внешней среды. Впервые математические способы определения ОКС и СКС применили Г. Спрэг и Л. Тейтум в 1942 году. Эти методы были в дальнейшем развиты другими исследователями. Б. Гриффинг (1956) разработал математический способ определения комбинационной способности линий для тех случаев, когда используют диаллельные скрещивания. Он изложил четыре метода статистической оценки в зависимости от того, входят ли в опыт родительские линии или реципрокные гибриды, или те и другие вместе [271, 280, 289].

Первый метод предложен для тех случаев, когда в опыт включены родительские компоненты и все реципрокные гибриды (все комбинации P<sub>2</sub>).

Второй метод используют, если в опыт включены родительские формы и серия прямых гибридов  $F_u$ , но обратные гибриды не включены (11г Р/Р–1 комбинаций).

Третий метод применяют в опытах, в которых участвуют реципрокные гибриды, но нет родительских компонентов (Р/Р – 1 комбинаций).

Четвертый метод пригоден для случаев, когда в опыт включена только серия прямых гибридов  $F_1$ , но не входят ни родительские формы, ни обратные гибриды.

Применительно к полиплоидной сахарной свекле, а, следовательно, и к комбинационной способности разнокачественных наборов родительских форм, В. Савченко (1966) предложил статистический анализ комбинационной способности. В систему диаллельных скрещиваний он включил Р тетраплоидных линий (сортов), скрещиваемых с  $P_u$  диплоидными сортами (линиями). В результате получают  $P_x P_u$  гибридов. В первый метод статистического анализа он включил все прямые гибриды  $P_x P_u$ , во второй – все прямые ( $P_x P_u$ ) и обратные ( $P_u \times P$ ) гибриды.

Анализируя результаты испытания продуктивности гибридов в зависимости от схем скрещивания, исследователи пришли к разным выводам. По мнению L. Tatum (1942), G. Sprague (1952), В. Griffing (1956), И. Молчан (1982) ОКС определяется аддитивными эффектами генов, т. е. механизмом, на который в основном опирается теория доминирования, СКС включает неаддитивные эффекты, в том числе сверхдоминирование [155].

У. Уильямс (1968) полагал, что корреляция между общей и специфической комбинационной способностью настолько высока, что позволяет выбраковывать наименее перспективные линии, не определяя их СКС (на основе ОКС). Лучшие по общей комбинационной способности линии можно затем скрещивать во всех возможных комбинациях для выделения пар с наилучшей специфической комбинационной способностью. Обобщение большого числа опытов с анализом типов действия генов при гетерозисе показало почти универсальное значение аддитивных (слагаемых) эффектов

генов. В связи с этим очень перспективны методы, основанные на использовании аддитивных эффектов, и, в частности, методы рекуррентной селекции: чем выше частота генов с благоприятным аддитивным действием в исходном материале, тем выше вероятность выделения из него лучшего генотипа [185].

Наличие аддитивных эффектов обычно означает, что данный признак может быть зафиксирован в гомозиготе в последующих генерациях путем самоопыления. Р. Комсток, Х. Робинсон и П. Харви (по Н. Турбину и др., 1982) предложили максимально использовать как ОКС, так и СКС. Так, при реципрокных (взаимных) скрещиваниях двух популяций кукурузы (с обрыванием метелок), где каждый из компонентов выступает то как материнский, то как отцовский, создаются благоприятные условия для улучшения комбинационной способности обеих популяций. В этом случае, с одной стороны, должно наблюдаться увеличение доминантных генов признака, а с другой – повышение гетерозиготности по разным локусам, что создает благоприятные условия для проявления сверхдоминирования.

В качестве родительских форм обычно рекомендуют использовать линии, имеющие высокую комбинационную способность. Однако отмечено, что при скрещивании двух линий с высокой КС гибридные растения в среднем не более урожайны, чем гибриды между линиями, одна из которых обладала высокой комбинационной способностью, а другая – низкой.

Некоторые исследователи наблюдали положительную корреляцию между урожайностью инбредных линий и их комбинационной способностью. Действительно, комбинационная способность и собственная продуктивность линии определяются часто одними и теми же генами, но для проявления комбинационной способности важно не столько прямое влияние отдельных генов на уровень признака, сколько их способность положительно взаимодействовать с генами другого родительского компонента.

В ряде опытов обнаружено, что гетерозис у сахарной свеклы проявлялся главным образом по урожаю корнеплодов и в меньшей степени по

сахаристости. В. Савицкий (1936) отмечал, что содержание сахара в корнеплодах обусловлено не столько генотипом, сколько взаимодействием генотипа и среды. По этой причине доминирование, взаимодействие генов проявляется у одних и тех же генотипов неодинаково в различных условиях среды [237, 239, 247, 250].

Комбинационная способность линий ОТ и МС-линий. Селекция на комбинационную способность включала улучшение линий с помощью гибридизации и отбора, с последующим подбором компонентов, показавших наилучшие результаты. Применение сестринских скрещиваний теоретически предполагала возможность получать новые рекомбинации, но этот метод серьезно ограничен не емким генофондом исходных растений. Более успешным представляется использование повторных рекомбинаций, полученных от скрещивания исходных генотипов.

F. Richey (1950) для улучшения линий предлагал скрещивать взаимодополняющие родительские линии. Растения, полученные от скрещивания инбредных линий, он рекомендовал скрещивать с одной из родительских форм, прежде чем начать селекционную работу. Этот способ возвращает большую часть генотипа одного родительского компонента, а улучшение происходит за счет желательных признаков, сохранившихся от другого.

Для линий закрепителей стерильности О-типа и МС-линий применялась схема односторонних циклических скрещиваний, позволяющая получать простые МС-гибриды и, таким образом, давать оценку родительским линиям по общей и специфической комбинационной способности.

В связи с тем, что некоторые линии О-типа отличались по ряду признаков от своих МС-аналогов, их рассматривали как разнокачественные родительские формы, а односторонние циклические скрещивания – как сетевые пробные скрещивания, применив для анализа методику В. Савченко (1978).

Простые МС-гибриды в большинстве случаев превосходили по урожайности МС-линии.

В результате дисперсионного анализа выявлялись существенные различия между гибридами, обусловленные комбинационной способностью родительских форм. Величина ОКС у линий О-типа и МС-аналогов достоверно менялась в зависимости от условий среды, а СКС была более стабильна. Реакция на условия среды у линий была незначительна, следовательно, их можно было использовать в различных экологических зонах.

Помимо ОКС, весьма существенной характеристикой линий служила их оценка по СКС. Следовательно, оценка линий по эффектам СКС имеет значение только для конкретной пары скрещивания.

Более точную оценку потенциальной способности линий к не аддитивному взаимодействию с другой родительской формой в наших исследованиях считали величиной вариансы СКС.

Помимо определения общей и специфической комбинационной способности МС-линий при скрещивании с неродственными линиями О-типа, у этих же линий параллельно проводилась оценка в скрещиваниях с многосемянными опылителями (ММ 1, ММ 2 и ММ 3).

Методы односторонних циклических скрещиваний для линий-закрепителей стерильности и МС-линий и сетевых пробных скрещиваний давали возможность исключать материалы, не имеющие практической ценности. Кроме того, оценки общей и специфической комбинационной способности использовались для изучения структуры генотипической изменчивости и вычисления коэффициента наследуемости. Это позволяло прогнозировать эффективность отбора по отдельным количественным признакам.

Оценка комбинационной способности сростноплодных линий-опылителей. В нашей стране эти методы оценки получили дальнейшее

совершенствование в работах Н. Турбина, Л. Хотылевой (1961), В. Савченко (1973, 1984) и других.

Анализ наследования количественных признаков показывал, что у гибридов F1 наблюдается, как правило, промежуточная по сравнению с родителями величина признака. Отклонение ее от средних показателей родительских форм определялась, прежде всего, степенью доминирования наследственных факторов одного из компонентов [189]. Если в генетической формуле количественного признака преобладали гены доминирования, то средняя величина признаков в F1 приближалась к показателям одной из родительских форм. При полной доминантности фенотипическая ценность признаков равна фенотипической ценности лучшего родительского компонента (С. Бороевич, 1984).

Степень фенотипического проявления количественных признаков (оценка доминантности  $hp$ ) по сравнению с родительскими компонентами определяли по формуле Г. Бейла и Р. Аткинса (Beil, Atkins, 1965):

$$hp = \frac{F_1 - \mu P}{P - \mu P}, \quad (1)$$

где  $hp$  – оценка доминантности;

$F_1$  – среднее арифметическое значение признака в первом поколении гибрида;

$P$  – среднее арифметическое признака более продуктивной родительской формы;

$\mu P$  – среднее арифметическое признака обеих родительских форм. Аналогичные формулы представлены в работах К. Тетерятченко (1980) и В. Савченко (1984).

Гетерозис по урожайности и сахаристости МС-гибридов, у которых оценка доминантности  $hp > 1$  (тип наследования - «положительный гетерозис»), рассматривается на трех уровнях: гетерозис гипотетический

(Ггип), гетерозис истинный (Гист) и гетерозис конкурсный (Гконк). Гетерозис принимается, как превышение (%) значения признака у гибрида по сравнению:

- со средним значением обеих родительских форм  $\Gamma_{\text{гип}} = \frac{F_1 - P_{\text{ср}}}{P_{\text{ср}}} \quad (2)$

- с величиной признака у лучшего родительского компонента

$$\Gamma_{\text{ист}} = \frac{F_1 - P_{\text{лучш}}}{P_{\text{лучш}}} \quad (3)$$

- с общепринятым стом  $\Gamma_{\text{конк}} = \frac{F_1 - St}{St} \quad (4)$

Статистическая достоверность получаемых показателей гетерозиса оценивается по формуле:  $t_{\text{факт}} = \frac{F_1 - P}{\sqrt{Sx_1^2 + Sx_2^2}} \quad (5)$

где  $Sx_1$  и  $Sx_2$  - ошибки выборочной средней по гибридам и родительским формам.

По мнению ряда исследователей, сахаристость наследуется по промежуточному типу (В. Савицкий, 1939; С. Бережко, 1971; Н. Неговский, 1971; В. Бормотов, 1972; А. Юсубов, А. Сухопутский, 1977). Однако по мере изучения новых селекционных материалов в литературе накапливались факты, показывающие, что сахаристость в результате гибридизации может быть выше, чем у исходных форм. Так, в опытах Д. Олдемейера и Е. Раша (1960) из 90 изучавшихся гибридов 18 проявили гетерозис по сахаристости, у 16 гибридов наблюдалось доминирование. А. Макогон (1966), В. Перетяtko и Н. Орловский (1971), И. Балков, В. Ошевнев (1972); И. Антонов (1982), В. Петренко (1985) также указывали на факты достоверного превышения сахаристости у межлинейных гибридов над лучшим родительским компонентом. Эти факты заслуживают самого пристального внимания в селекции на гетерозис, где основным критерием отбора родительских форм служит не столько собственная продуктивность линий, сколько комбинационная ценность по этому признаку.

Таким образом, изложенное позволяет сделать вывод, что наряду с гетерозисом по урожайности при скрещивании компонентов, не сильно различающихся по сахаристости, можно ожидать проявления гетерозиса по

этому признаку. Однако частота возникновения гетерозиса по урожайности гораздо выше, чем по сахаристости. При межсортовом скрещивании или при скрещивании контрастных по сахаристости материалов обычно наблюдается промежуточный тип наследования.

Выяснение причин гетерозиса неизменно связано с изучением генетических особенностей селекционного материала по признаку комбинационной способности. Получение надежных характеристик оцениваемых номеров по ОКС, определяемых по топкроссным гибридам, во многом зависит от правильного подбора тестеров [81, 235, 241, 244]. Рядом исследователей установлено, что тестеры с широкой генетической основой (популяции, сорта, гибриды и т. д.) предпочтительнее для оценки ОКС, чем тестеры с высокой степенью гомозиготности. По Н. Турбину и Л. Хотылевой (1961), при определении ОКС степень взаимодействия «линия x гомозиготный тестер» оказывается менее пригодным показателем, чем «линия x гетерозиготный тестер». Однако использование тестеров с узкой генетической основой для оценки комбинационной способности линий в топкроссах рекомендовали В. Буренин (1976) и Б. Соколов, В. Костюченко (1978).

Включение в топкроссные скрещивания тестеров с широкой генетической основой представляет более экономичный способ определения достоверности различий по ОКС, чем использование набора линий-анализаторов. Исследованиями Л. Хотылевой показано, что при определении ОКС не имел существенного значения тот факт, в качестве материнской или отцовской формы используется тестер. По ее данным, урожай реципрокных гибридов – тестер x анализируемая линия и анализируемая линия x тестер - имели статистически достоверную положительную корреляцию.

Необходимо отметить, что для определения ОКС различных популяций сахарной свеклы выбор тестера представляется сложной задачей. Это связано с биологическими особенностями свеклы как перекрестно опыляемой культуры. У сахарной свеклы невозможно провести кастрацию цветков в больших масштабах. В результате на растениях формируются как гибридные,

так и негибридные семена, полученные от внутрисортного переопыления. Нетрудно предположить, что точность оценки ОКС материалов в связи с этим существенно понижается. Несмотря на широкое применение сортов, популяций и гибридов в качестве тестеров, исследователи не всегда имели точную информацию о различиях по ОКС между анализируемыми селекционными материалами.

### **1.7 Теория и практические аспекты селекции сахарной свеклы**

Первые годы промышленного свеклосеяния на Кубани показали, что свекла, выращенная в условиях Северного Кавказа, отличается низкими технологическими качествами и меньшим выходом сахара по сравнению с центральными областями России вследствие своеобразных климатических условий.

По инициативе Первого Северо-Кавказского государственного сахарного завода и Кубано-Черноморского НИИ в январе 1925 года при заводе была организована свекловичная опытная станция.

С 1934 года на протяжении 55 лет научно-методическое руководство станцией осуществлял Всесоюзный НИИ сахарной свеклы (ныне институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы).

Длительный период (вплоть до начала 80-х годов прошлого века) в отечественной селекции сахарной свеклы преобладало мнение о возможности достигнуть высокой эффективности у межсортных и сортолинейных гибридов. Соответственно таким воззрениям утверждались методологии и методы проведения селекционных исследований.

За этот период неоднократно менялись направления исследований на Кубанской селекционной станции сахарной свеклы Россельхозакадемии, среди которых выделялись следующие:

- создание многоростковых сортов и межсортных гибридов, устойчивых к засухе и церкоспорозу (Первомайская 028);

- создание анизоплоидных триплоидных и диплоидных гибридов с повышенной устойчивостью к церкоспорозу (Кубанский полигибрид 9 совместно с Институтом цитологии и генетики Сибирского отделения АН и Первомайский полигибрид 10 путем скрещивания сорта Первомайский 028 с сортом Ялтушковская односемянная);

- создание диплоидных однострочковых сортов (Северо-Кавказская односемянная 42);

- создание мужскостерильных форм, а с 1983 года получение гетерозисных линейных гибридов сахарной свеклы с использованием стерильных по пыльце форм.

В относительно короткие сроки (1983–2000 гг.) научно-технический персонал станции полностью освоил методы и технику гетерозисной селекции. Впервые были созданы константные раздельноплодные линии О типа СКЛ 4936, СКЛ 7994 и другие. Их мужскостерильные аналоги получали с использованием стерильной формы, полученной от селекционеров Всесоюзного НИИ сахарной свеклы (г. Киев).

Параллельно проводилась работа, и были получены сростноплодные линии опылители, такие как СКЛ 4738, СКЛ 4977, СКЛ 4995, СКЛ 5050, СКЛ 5063, СКЛ 5121, СКЛ 8949, СУКЛ 9855, СКЛ 10182, СКЛ 10183, СКЛ 10632, СКЛ 13710, СКЛ 19957 Яп., СКЛ 19963 США, СКЛ 21693 Герм. И другие, которые при тестировании показали высокую общую и специфическую комбинационную способность [37, 38, 92, 256].

Современное направление селекции сахарной свеклы можно сформулировать как создание раздельноплодных (односемянных) гибридов с использованием явления цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) на линейной основе.

Стерильность по пыльце константного материнского компонента скрещивания обеспечивает стопроцентную гибридизацию и способствует более полному проявлению эффекта гетерозиса у гибридного потомства F1.

Так селекция сахарной свеклы на гетерозис в обязательном плане стала включать следующие основные технологические этапы:

- получение константных инцухт (самоопыленных) линий, в том числе односемянных (О типов) и их МС аналогов – многосемянных линий (опылителей);
- оценка линий по устойчивости к биотическим и абиотическим факторам;
- тестирование линий по признакам общей и специфической комбинационной способности;
- размножение стерильных по пыльце форм;
- получение МС гибридов, обладающих эффектом гетерозиса;
- проведение различных видов полевых испытаний пробных и коммерческих гибридов, а также Государственное и производственные испытания.

Развитие гетерозисной селекции стало возможным благодаря трудам зарубежных и отечественных селекционеров Оуэна Ф., Савицкого В., Зайковской Н., Орловского Н., Неговского Н., Панина В., Коломиец О., Макогон А., Балкова И. и многих других.

Многое в селекционной практике еще не известно, но, опираясь на открытые закономерности, поставлена задача получить гибриды сахарной свеклы, обладающие мощным фотосинтезирующим и емким эффективным биохимическим аппаратом, которые экономично, рационально расходуют энергию и субстрат на дыхание. Для создания таких растений нужны соответствующие источники, в поисках которых решающую роль играют не только сложившиеся методы селекционной работы, но и правильный выбор критериев физиологической и технологической оценки исходного перспективного материала. Из литературных источников известно, что отдельные линии и гибриды в силу своей физиологической и генотипической разнокачественности неодинаково реагируют на воздействие внешних факторов. Генотипические различия по ряду биолого-хозяйственных

признаков между различными формами являются благоприятной основой для познания генетических и физиологических процессов, комплексной оценки признаков и эффективного отбора желаемых биотипов [17, 116, 187, 225, 232].

Все кубанские гибриды сахарной свеклы созданы традиционно сложившимися методами селекции, основанными на гибридизации, отборе и поиске спонтанных хозяйственно-ценных мутаций. И хотя эти методы селекции до сих пор сохраняют свое значение, все труднее становится добиваться при использовании только этих методов новых значительных успехов. Назрела необходимость все шире использовать новейшие достижения других биологических наук для разработки и реализации на практике принципиально иных селекционных технологических схем, техники получения исходных материалов и новых гибридов [100, 112, 219, 235].

Получение новых конкурентноспособных гибридов, ускорение темпов селекционного процесса в настоящее время невозможно без комплексного использования разных методов селекции, таких, как внутривидовая гибридизация, маркер опосредованных отборов, инцухта (инбридинга) применения способов генетически регулируемого гетерозиса с использованием цитоплазматической мужской стерильности, а в перспективе – переход к технологии селекционного процесса с использованием рекомбинантной ДНК [204, 205, 213, 216, 217].

Особую значимость в селекционной работе приобретает знание закономерностей формирования признаков и свойств свекловичного организма на разных этапах онтогенеза, разработка новых методов ранней диагностики продуктивности и устойчивости растений в экстремальных условиях среды.

Сахарная свекла как объект исследований является продуктом сложной и длительной эволюции. В процессе эволюции предки сахарной свеклы подвергались определенным внешним воздействиям, возникали мутации, появлялись новые свойства, которые закреплялись или отвергались естественным отбором. В зависимости от характера экологических условий

формировались экотипы, которые, дифференцируясь на отдельных этапах филогенеза, трансформировались в современные разнообразные генотипы сахарной свеклы. Применяя искусственный отбор, человек отбирал отдельные особи, которые наиболее богаты резервными веществами в легкоусвояемой форме в виде сахарозы. В результате этого сахарная свекла резко отличается от своих диких сородичей. Повысилась ее пищевая и хозяйственная ценность, в то же время, она стала менее устойчивой к неблагоприятным условиям среды и более привлекательной для вредных организмов. Кроме того, нельзя не отметить, что в ходе селекции, а также в процессе увеличивающихся доз применения химических веществ, у растений свеклы могут подавляться исторически сложившиеся иммунно - регуляторные системы, в то же время, некоторые виды микроорганизмов из неактивных могут превращаться в агрессивные. Эти факты свидетельствуют о сложности взаимоотношений в системе человек-почва-среда и требуют при планировании селекционных исследований четкого аргументированного направления научной работы [50, 204, 207].

Для повышения конкурентоспособности гибридов основное усилие в селекционных исследованиях последних лет было направлено на изучение индивидуальной реакции отдельных генотипов на неблагоприятно воздействующие факторы внешней среды. На основе генетико-статистических критериев была обоснована возможность использования в селекции сахарной свеклы дополнительных тестов и отбора исходного материала на ранних этапах онтогенеза [121, 131].

Известно, что за фенотипической однородностью особей скрывается разнообразие генотипов, в первую очередь по физиологическим признакам (устойчивости к низким положительным температурам в весенний период, к применяемым гербицидам, засухе). Генетический потенциал сахарной свеклы по устойчивости к средовым факторам практически не исследован [110, 112, 173].

Особое значение в селекционной практике и в производстве имеет исследование холодостойкости гибридов. Сахарная свекла на значительных площадях подвергается длительному возврату холодов в весенний период, что служит нередко причиной низкой полевой всхожести и неравномерности густоты насаждения. Учитывая, что различия между линиями (родительскими формами) генетически обусловлены, открывается возможность целенаправленным подбором компонентов скрещиваний повысить способность гибридов более длительный период переносить сравнительно высокий стрессовый фон.

С физиологической точки зрения гибриды, устойчивые к определенному уровню стресс-факторов, поддерживают более или менее уравновешенное состояние всех физиологических процессов и способны давать стабильные и сравнительно высокие урожаи.

В общем понимании устойчивость растений сахарной свеклы к внешним условиям среды обеспечивается при помощи двух различных механизмов [197, 206, 210].

1. За счет того, что растение в неблагоприятные периоды уходит в состояние покоя, полностью или частично прекращает обмен с внешней средой (например, в полуденную жару). После прекращения неблагоприятного воздействия растения легко возобновляют рост и развитие.

2. Устойчивость обеспечивается тем, что растение обладает активным биохимическим аппаратом, способным функционировать в широком диапазоне внешних условий без существенного изменения параметров жизнедеятельности под воздействием стресс-факторов. Такие растения представляют ценность как исходный материал для селекции.

Познание закономерностей устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды проводится по двум направлениям:

1. Физиолого-генетическом, т.е. изучаются физиологические процессы, характер реализации генетической информации на отдельных этапах онтогенеза, дифференцируются и отбираются изучаемые материалы по

интенсивности протекания физиологических процессов с последующей оценкой отобранных форм по признаку комбинационной способности.

2. Путем изучения нормы реакции исходных форм и гибридов на воздействие факторов среды в целях использования хозяйственно-ценных модификаций.

Не умаляя значения второго направления, следует отметить, что наиболее перспективным является первое направление, которое включает в себя как познание жизненно важных функций растений, так и отбор различных по продуктивности форм в зависимости от генотипических особенностей. В этом аспекте большую значимость приобретает разработка методов оценки и ранней диагностики устойчивости растений для целей селекции и семеноводства. Исследования такого рода в Кубанской селекционно-семеноводческой станции проводятся с целью изучения способности растений свеклы переносить низкую температуру и гербицидную нагрузку, т.е. изучается в ряду поколений реакция растений на изменение условий выращивания.

Однако прямое тестирование сахарной свеклы по таким признакам связано с большими трудностями из-за большого объема исследований, отсутствия надежных методов, позволяющих проводить как первичную оценку и дифференцирование на ранних этапах развития растений, так и в более поздние периоды онтогенеза. В последние годы исследования усилены в поиске косвенных методов оценки устойчивости растений к различным стресс-агентам [122, 143, 144, 165].

В качестве экспресс-метода обычно используется способность семян набухать и прорасти в растворах с повышенным осмотическим давлением, в которых лучше набухают и прорастают семена устойчивых растений [126, 129, 182, 188]. Эти методы широко адаптированы на семенах злаковых культур. Литературных данных по широкому использованию таких методов в процессе получения новых гибридов сахарной свеклы не известно.

Таким образом, можно отметить из анализа литературы и собственных исследований, что независимо от того, какой метод оценки будет использован в селекционной практике, основным показателем устойчивости растений является величина продуктивности, получаемая после воздействия неблагоприятных факторов. Неустойчивые гибриды в отдельные неблагоприятные годы сильно снижают урожай корнеплодов и уровень сахаристости. Установленные нами на первых этапах исследований различия в степени устойчивости между гибридами и линиями, позволяют уверенно надеяться на повышение уровня устойчивости путем отбора в 3-4-х последовательных поколениях.

## 2 МАТЕРИАЛ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1. Почвенно-климатические и погодные условия

Исследования проводились в период 2004 – 2020 гг. в ФГБНУ Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свёклы, которая расположена в северной части Гулькевичского района Краснодарского края. Зона недостаточного увлажнения. По природно- сельскохозяйственному районированию земельного фонда России, территория станции относится к степной и лесостепной зоне. Почвы территории характеризуются высоким потенциалом плодородия благодаря большей мощности почв с высокими запасами гумуса и благоприятными водно-физическими свойствами [2].

Почвы опытного участка представлены черноземом обыкновенным, маломусный. Глубина гумусового горизонта составляет 110-125 см, содержание гумуса в пахотном слое низкое 2,8-4,0 %. Пахотный слой распылен и после дождей склонен к заплыванию. Почва опытного участка в слое 0-30 см содержатся:  $\text{NO}_3$  – 28,1,  $\text{P}_2\text{O}_5$ –29,2;  $\text{K}_2\text{O}$ – 385; S – 2,0; Mg – 3,8 мг/кг почвы.

Поглотительная способность почв достаточно высокая. В пахотном слое сумма поглощенных оснований составляет 36,2, а в нижележащих 37,8 мг-экв на 100 г почвы. Емкость поглощения 39,7 мг-экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 91 %. Реакция почвенного раствора в пахотном слое нейтральная и слабовыщелоченная (рН 6,0-7,8), с глубиной щелочность возрастает до средней и сильной [31].

Влажность устойчивого завядания для пахотного слоя, в среднем для различных культур, равна 13,5 %. Наиболее благоприятная влажность для обработки почвы, характеризующая ее спелое состояние, 22-26 %.

В целом почвы пригодны для возделывания сельскохозяйственных культур, районированных в зоне. Основные агротехнические мероприятия на этих почвах должны быть направлены на улучшение водно-физических свойств, а также на уничтожение сорной растительности.

По температурному режиму и увлажнению климат района Первомайской опытной станции характеризуется как умеренно-континентальный. Специфическими погодными факторами являются: высокая температура воздуха, изобилие солнечной инсоляции, крайняя неравномерность распределения осадков, частые и порой длительные суховеи, вызывающие сильное испарение влаги почвой и растениями. Отрицательные месячные температуры в зимний период неустойчивые, а в некоторые годы вообще отсутствуют. Резкие переходы от тепла к холоду и обратно – отличительная черта континентального климата.

В таблице 4 и приложении 1 приведены количество осадков и среднемесячная температура воздуха в годы исследований, а также среднемноголетнее значение этих показателей.

Анализ этих показателей позволяет заключить, что в среднем зимы были теплей более чем на 2°C. Осадки больше нормы выпадали в декабре и январе. Весенний период был теплей в среднем на 1,6°C. Осадков в среднем выпадало близко к норме, однако в апреле в большинстве лет дефицит осадков составлял в среднем до 42%, что отражалось отрицательно на густоте насаждения сахарной свёклы. Все летние месяцы были жаркими, особенно июль и август. Превышение нормы составляло 1,5...2,1°C. Осадки в среднем составили 31 % от нормы (46,8мм) с варьированием от 53 до 281 мм.

Важным фактором в продуктивности сахарной свеклы являются осадки в течение вегетации. За годы эксперимента девять лет сумма осадков превышала среднемноголетние данные по этому показателю. Кроме того в апреле месяце за период эксперимента осадков выпало больше среднемноголетней нормы только за четыре года, что отрицательно сказывалось на росте и развитии сахарной свеклы (таблица 4).

Особенности температурного режима за этот период представлены в приложении 2, 3.

Таблица 4 – Осадки в период проведения эксперимента, 2004-2020 гг. (г. Гулькевичи, ФГБНУ Первомайская СОС)

Год	Месяц												Сумма осадков
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2004	14,6	65,9	79,7	31,3	38,9	106,3	60,9	65,3	25,4	77,5	35,0	38,2	639,0
2005	41,4	20,1	98,3	36,4	47,6	30,8	27,3	16,4	96,3	60,5	23,0	41,5	539,6
2006	33,1	77,6	19,6	57,5	58,1	52,0	93,6	26,6	45,8	41,3	78,6	16,6	600,4
2007	45,6	16,3	80,7	23,2	54,8	47,5	19,0	55,2	23,9	44,3	55,1	29,3	494,9
2008	16,3	8,8	56,5	66,3	90,0	50,0	18,0	0,3	44,6	25,3	54,4	18,7	449,2
2009	50,1	36,9	73,9	16,5	35,4	53,4	94,1	18,2	101,9	5,1	68,4	54,7	608,3
2010	84,4	66,9	103,8	34,3	31,3	76,2	48,8	10,8	43,6	96,9	39,0	74,3	710,3
2011	43,9	61,1	62,1	54,7	110,3	101,5	24,7	72,9	57,3	76,1	29,2	21,0	714,8
2012	42,2	30,9	54,3	33,3	84,9	69,8	20,5	172,9	2,4	31,9	27,3	28,1	598,5
2013	47,7	14,4	84,4	36,4	29,2	60,9	91,3	31,1	77,7	49,8	45,0	54,4	622,3
2014	86,1	18,6	62,5	36,8	81,4	77,6	27,0	14,9	46,2	27,8	12,6	42,1	533,6
2015	32,0	30,5	26,8	28,6	82,5	80,6	36,3	0,8	42,0	64,0	62,6	76,6	563,3
2016	58,6	20,9	34,2	8,5	129,9	61,8	90,2	88,1	111,2	42,3	47,3	56,0	749,0
2017	23,3	35,1	44,4	47,3	131,2	45,5	74,3	28,1	12,5	135,7	9,1	87,8	674,0
2018	56,1	44,6	70,3	22,4	57,8	8,4	59,1	5,3	23,8	121,0	73,8	46,4	589,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2019	46,9	31,6	67,3	27,9	62,2	15,3	61,7	10,3	80,9	50,9	18,0	29,3	502,3
2020	59,2	32,7	13,0	6,7	98,2	54,1	38,4	14,4	25,0	20,3	49,4	14,8	426,2
Среднее многолетние	39,4	32,8	39,6	43,3	67,2	71,4	53,2	46,5	43,1	51,2	48,5	49,0	585,2

## 2.2. Материал, методика и агротехника в опытах

Работа выполнялась в соответствии с тематическим планом исследований по Государственному заданию 10.01.04.01 «Разработать и усовершенствовать методы селекции и научные основы систем создания, размножения и возделывания новых высокопродуктивных гибридов раздельноплодной сахарной свёклы. Создать и испытать высокопродуктивные гибриды раздельноплодной сахарной свёклы с повышенными технологическими качествами, превышающие коммерческие гибриды по сбору сахара на 0,4 т/га и выше, обладающие комплексной устойчивостью к стресс-факторам».

Государственные задания в Российской Федерации по созданию биотехнологических гибридов были отражены в 2012 году в Комплексной программе развития биотехнологий на период по 2020 год с названием «БИО-2020».

Наши исследования проводились по Государственному заданию «Создать принципиально новые форма сахарной свёклы, устойчивые к гербицидам» (Госзадание № 0693-2014-002).

Объектом исследований служили различные селекционные материалы: диплоидные раздельноплодные МС линии и линии-закрепители стерильности О-типа; сростноплодные линии-опылители, сорта и образцы из коллекции Первомайской СОС, а также популяции зарубежных стран.

*Опыт 1.* Создание линий-закрепителей стерильности и их МС аналогов. В этом опыте применялась внутривидовая гибридизация в сочетании с индивидуальным и индивидуально-семейственным отбором, а также инцухт-методом.

Гибридизацию проводили на пространственно-изолированных участках и под групповыми бязевыми изоляторами. Инцухт после 3-го-4-го поколения) чередовали с размножением по типу сибсов.

Полученные таким образом линии оценивались нами методом топкросса по общей комбинационной способности (ОКС). Тестеры были переведены на стерильную основу и использовались в качестве материнской формы. С целью получения топкроссных гибридов на одном участке высаживались стерильные МС тестеры и линии-опылители в соотношении 4:1. Среди стерильных форм перед цветением проводилась браковка по стерильности пыльцы, раздельноплодности, устойчивости к болезням. Линии-опылители *mm* браковались по раздельноплодности (удалялись растения с двух-трех семянными плодами).

Тип стерильности пыльцы устанавливали по Оуэну. Им установлено три типа стерильности:

- полностью стерильные растения с генотипом  $Sxxzz$ . Фенотипически это светло-желтые пыльники, прозрачные, без пыльцы или с нежизнеспособной пыльцой;

- растения с типичной мужской стерильностью. Они имеют желтые пыльники с мелкой нежизнеспособной пыльцой и генотипом  $SXxzz$ ,  $SxxZz$ ,  $SXXzz$ ,  $SxxZZ$ . Такие генотипы содержат один из двух доминантных аллелей в гомо- или гетерозиготном состоянии. Этот тип стерильности условно назван стерильностью первого типа;

- растения с частичной мужской стерильностью второго типа имеют генотипы  $SXxZz$ ,  $SXXZz$ ,  $SXxZZ$ ,  $SXXZZ$ , т.е. содержат доминантные аллели двух локусов в гомо- или гетерозиготном состоянии. Внешне такие растения не отличаются от нормальных, но пылинки содержат наполовину нежизнеспособную пыльцу.

Раздельноплодность определялась визуально, путем осмотра каждого растения [8]. Растения классифицировались на три группы:

- растения, имеющие полностью односемянные плоды, относили к раздельноплодным;

- растения, у которых преобладали односемянные плоды, а двусемянные встречались только на центральном стебле, относили к одно- двусемянным;

- растения, у которых преобладали дву- и трехсемянные плоды, относили к дву- и многосемянным [52, 188, 195].

*Опыт 2.* Создание биотехнологических форм, устойчивых к гербицидам. Целью исследований было создание толерантных к глифосату форм сахарной свёклы в качестве доноров устойчивости на базе отечественных раздельноплодных линий О-типа и сростноплодных линий опылителей. Конечной целью было создание рентабельных, устойчивых к глифосату МС гибридов. В этом эксперименте руководствовались следующими положениями:

1. Сахар (дисахарид), как известно, имеет химическую формулу  $C_{12}H_{22}O_{11}$  и не может содержать белок, а значит и ДНК, и, тем более быть причастным к модификации генов. В этом отношении сахарная свёкла является идеальным объектом для биотехнологии и растиражированные опасения СМИ о «вреде ГМО» по отношению к сахару не корректны.

2. Для изучения включались гетерозиготные материалы сахарной свёклы неизвестного происхождения, разные биотипы которых частично проявляли признак устойчивости к глифосату и различались по ряду хозяйственно-ценных признаков [169, 201, 205, 216].

3. Для ускорения процесса селекции использовали теплицу, где проводили самоопыление и парные скрещивания по схеме «реципиент х донор».

При отборе материала и методик исследования для определения генотипа сахарной свеклы по признаку толерантности к глифосату были положены менделевские представления о доминантности и рецессивности. Условно принималось, что толерантность контролируется доминантным геном устойчивости и что RR- гомозигота по доминанте, rr – гомозигота по рецессиву, а Rr – гетерозигота по признаку толерантности. Растения с признаками толерантности к глифосату обозначали как «Т- формы», например: ТММ – опылители, ТО – типы, ТМС – формы, ТГ – гибриды.

На первом этапе применяли самоопыление предполагаемых Т – форм, в потомстве которых растения 1-го и 2-го года жизни или погибали, или сохранялись после опрыскивания глифосатом в разных дозах. При этом исходили из того, что доминантные (RR) растения можно получить только последовательным (не менее трех раз) самоопылением и отбором гомозиготных растений [159].

В наших опытах, с целью получения толерантных селекционных материалов, в качестве реципиента мы использовали следующие формы, ранее созданные на Первомайской селекционно-опытной станции сахарной свёклы:

1. Многосемянные фертильные линии – опылители (MM) различного происхождения – отцовские формы для районированных и перспективных гибридов, созданные индивидуальным отбором из популяций в сочетании с последующим инцухтом и оценкой по комбинационной способности.

2. Односемянные фертильные линии О – типа (mm), проверенные на закрепительную способность по признаку ЦМС (генотип Nxxxzz), используемые в качестве фертильных аналогов для размножения МС-линий различного типа.

3. В качестве МС – тестера и, возможно, будущего материнского компонента Т-гибрида использовали МС – линии, стерильные по пыльце – функционально женские раздельноплодные аналоги линий О-типа с генотипом mmSxxxzz (МС). МС – тестеры применяли для принудительных парных скрещиваний в изоляторах для уточнения генотипа отцовской Т-формы и на пространственно – изолированных участках при свободном перекрестном опылении, для получения гибридных семян отечественных пробных ТМС – гибридов (толерантных к глифосату).

В процессе самоопыления и размножения по типу сибсов применяли индивидуальные и парные изоляторы, групповые и вегетационные кабины, а для получения пробных гибридов компоненты скрещивания высаживали на небольших пространственно – изолированных участках (на расстоянии 2-3 км друг от друга) для свободного переопыления. Эффективность скрещивания во

многим зависела от синхронности (или несинхронности) цветения компонентов скрещивания. Полученные в опытах пробные ТМС-гибриды и отцовские компоненты (ТММ) оценивали по устойчивости к глифосату и сравнивали с контрольным гибридом по урожайности, качеству продукции, устойчивости к болезням, цветущности и рентабельности выращивания по общепринятым методикам с некоторыми изменениями и дополнениями [178, 213].

Растения подопытных Т-форм, пробных гибридов и номеров (образцов) от анализирующих и насыщающих скрещиваний обрабатывали глифосатом в фазе первой и/или второй пары настоящих листьев, а затем в теплице (или в поле, в зависимости от цели опыта) в фазу розетки семенников на втором году жизни. Погибшие экземпляры причисляли к генотипу «rr». Оставшиеся в живых растения фенотипически не различались и по генотипу были, скорее всего, типа «Rr» или «RR». Какие из них преобладали – определить было невозможно и растения для дальнейших исследований отбирали по фенотипу. Сохранность растений учитывали через 5, 7 и 10 дней после опрыскивания глифосатом. Наблюдения, учеты и анализ цифровых данных проводили по общепринятым методикам [84, 122, 143, 144, 198].

Линии и гибриды изучали по методике конкурсного сортоиспытания. Площадь делянки 13,5 м<sup>2</sup>, повторность четырех- или шестикратная. Расположение делянок рендомизированное. В качестве sta использовали районированный гибрид Кубанский МС 95.

Завязываемость плодов определялась в соответствие с методическими рекомендациями З. Слюсаренко и С. Бережко [195], всхожесть семян – согласно ГОСТа – 22617 0-77-22617,4-77. Устойчивость растений к церкоспорозу устанавливали по общепринятой методике. Содержание сахара определялось в 20 корневых пробах методом холодной дигестии. Предшественником в разные годы была озимая пшеница.

Реакция диплоидных односемянных и многосемянных образцов сахарной свёклы на воздействие различных стресс-факторов изучалась в

лабораторных и полевых условиях в методическом изложении Г. Удовенко [223].

Выборка составляла 400-600 семян, которые проращивались в термостате при температуре 20°C. Ложем для семян служила гофрированная фильтровальная бумага. Использовались водные растворы гербицидов (3, 5 и 8 мл/л). Отобранные ростки высаживали в горшки или грунт для получения корнеплодов-штеклингов и семян.

При математической обработке полученных данных использовали вариационный и дисперсионный методы. Конкурсный гетерозис [87] рассчитывался по формуле:

$$Г_{конк.} = \frac{F1-St}{St} \times 100 \% \quad (6)$$

Оценку комбинационной способности линий и МС – тестеров проводили в соответствии с методикой Г. Подкуйченко [180] согласно специальной шкалы (таблица 5).

Таблица 5 – Шкала комбинационной способности линий

Комбинационная способность		Урожайность гибридов (в % к sty)	
разряд	определение	средняя	от - до
1	очень низкая	-	до 90
2	низкая	95	91-100
3	средняя	105	101-110
4	хорошая	115	111-120
5	высокая	-	выше 120

Экологическую пластичность и стабильность оценивали по Е. Эберхарту и В. Расселу в методической версии В. Пакудина и Л. Лопатиной [171].

*Опыт 3.* Продуктивность гибридов сахарной свеклы и семеноводство в производственных условиях. На протяжении ряда лет в 2018 - 2020 гг. совместно с Успенским сахарным заводом изучали продуктивность гибридов

Кубанской селекции в производственных условиях, а также семеноводством гибридов отечественной селекции. За это время успешно проведена работа по производству оригинальных, базисных и гибридных семян.

В начале в хозяйствах Успенского сахарного завода, на орошении были выращены семена гибридов Успех, Кубанский МС-95, Азимут. На заводе «СЭС Вандерхаве – Гарант» в Белгородской области, по европейским технологиям было подготовлены посевные единицы семян сахарной свеклы высокого качества 3-х гибридов Кубанской селекции - Азимут, Кубанский МС 95 и Успех.

Данные гибриды сахарной свеклы выращивались в нескольких свеклосеющих хозяйствах Краснодарского и Ставропольского краев. Выкопанные корнеплоды очищали от земли, ботвы, хвостовую часть корнеплода обрезали толщиной 1 см. Отбирали 20 корнеплодов без выбора для определения сахаристости и технологических качеств. Корнеплоды помещались в мешок, на который навешивалась этикетка с указанием хозяйства, поля, гибрида, даты отбора пробы. Срез листьев проводили обученные сотрудники так, чтобы они не разделялись.

Учеты проводились с 3-го по 16 сентября в пяти районах Краснодарского края (Тбилисский, Гулькевичский, Отрадненский, Новокубанский и Успенский) и трех районах Ставропольского края (Новоалександровский, Изобильненский, Кочубеевский). Всего было обследовано 9 хозяйств. Определяли:

- густоту насаждения на гектаре, тыс. штук на га [143, 144];
- урожайность при ручной копке и комбайновой уборке, т/га [144];
- сахаристость и технологические качества (определялись в лаборатории Успенского сахарного завода по общепринятой методике).

*Опыт 4.* Продуктивность гибридов сахарной свеклы в зависимости от приемов основной подготовки почвы.

Ускоренное развитие и интенсификация свекловичного производства, повышение его экономической эффективности на современном этапе – важнейшая задача для свеклосеющих хозяйств Северо-Кавказского региона.

Одним из путей решения этой задачи связан с внедрением в производство высокопродуктивных технологических гибридов [39, 93, 176, 199].

Генетический потенциал урожайности гибридов кубанской селекции составляет 80-85 тонн корнеплодов с 1 га. Однако в производственных условиях реализация этого потенциала не превышает 50-70 %.

Из-за нарушения технологических процессов при выращивании семян, подготовке их на семзаводах, а также при выращивании свекловичного сырья, гибриды кубанской селекции уступают по продуктивности лучшим зарубежным аналогам. Это явилось основным фактором, обуславливающим рост импорта семян гибридов селекции иностранных фирм.

Ряд лет проводились исследования с целью выяснения, насколько продуктивность гибридов кубанской селекции и ведущих иностранных фирм различаются при условии корректного их испытания.

Опыт проводился по схеме двухфакторного опыта в течение 2018 - 2020 гг. Фактор А - приемы подготовки почвы (таблица 6):

Вариант 1 – Вспашка почвы в конце августа на глубину 30-32 см.

Вариант 2 – Поверхностная обработка почвы на глубину 10-12 см + почвоуглубление на глубину 38-40 см.

Вариант 3 – Поверхностная обработка почвы на глубину 10-12 см.

Фактор В - гибриды:

Четыре гибрида кубанской селекции – Линейный МС 05, Кубанский МС 74 (st), Кубанский МС 83, Кубанский МС 92 и девять гибридов иностранной селекции – Адидже, Каньон, Крокодил, Орикс, Ориго, Сирио, Центра, Яполя, Ярыса.

Таблица 6 - Агротехнические мероприятия по фактору А  
(предшественник – озимая пшеница)

Мероприятие	Прием основной обработки почвы		
	вспашка	поверхностная обработка почвы с чизелеванием	поверхностная обработка почвы без чизелевания
1	2	3	4
Лушение	однократно Т-150+БДТ-6 (10-12 см)	однократно Т-150+БДТ-6 (10-12 см) + чизелевание	однократно Т-150+БДТ-6 (10-12 см)
Удобрение	КСІ-209 кг/га NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> – 200 кг/га	КСІ-209 кг/га NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> – 200 кг/га	КСІ-209 кг/га NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> – 200 кг/га
Прием основной обработки почвы	ХТЗ-121+ПЛН-4-35; (30-32 см)	ХТЗ-121+ПЛН-10-25, гллуб. 10-12 см. К-700+ПЧН-3,2 (38-40 см)	ХТЗ-121+ПЛН-10-25, (10-12 см)
Культивация, осенняя	ХТЗ-121+2КПС-4	ХТЗ-121+2КПС-4	ХТЗ-121+2КПС-4
Предпосевная обработка почвы	ЛТЗ-155+ УСМК-8,1 (3-4 см)	ЛТЗ-155+ УСМК-8,1 (3-4 см)	ЛТЗ-155+ УСМК-8,1 (3-4 см)
Посев	Беларусь+ТАНА 7 шт. на пог. м.	Беларусь+ТАНА 7 шт. на пог. м.	Беларусь+ТАНА 7 шт. на пог. м.
Культивация после посева	ЛТЗ-15+УСМК-8,2 1-я (3-4 см) 2-я (5-6 см)	ЛТЗ-15+УСМК-8,2 1-я (3-4 см) 2-я (5-6 см)	ЛТЗ-15+УСМК-8,2 1-я (3-4 см) 2-я (5-6 см)
Внесение гербицидов	На всех фонах ЛТЗ+ «Джакто» Фортекс 2000 1. Фронтьер оптима – 1,2 л/га до посева 2. после появления всходов – бетанал-22 – 0,8 л/га - лонтрел гранд – 120 мл./га 3. После появления всходов – бетанал-22 – 1,0 л/га - карибу – 30 г/га - лонтрел гранд – 120 мл./га		
Подкормка удобрениями	Аммиачная селитра – 98 кг/га (однократно)		

1	2	3	4
Обработка инсектицидами и фунгицидами	Дурсбан-1,2 л/га (май) Альто-супер – 0,5 л/га (июль-август)		
Уборка корнеплодов, механизированная	РТМ-160+КСН-6 ЛТЗ-155+ЛБ-20	РТМ-160+КСН-6 ЛТЗ-155+ЛБ-20	РТМ-160+КСН-6 ЛТЗ-155+ЛБ-20

В период вегетации определяли:

- густоту посева в три срока, повторность трехкратная, шт. тыс. на га;
- влажность почвы в динамике (перед посевом, в середине вегетации, уборка) (по общепринятой методике ГОСТ 28268-89);
- пораженность свёклы болезнями [144];
- урожайность корнеплодов, ботвы и сахаристость корнеплодов в динамике (три срока при ручной копке и при механизированной уборке).

*Опыт 5.* Урожайность гибридов сахарной свеклы в зависимости от сроков уборки.

Учитывая перечисленные базовые элементы свекловодства на Первомайской селекционно-опытной станции совместно с Кубанским государственным аграрным университетом в течение трех лет (2012-2014 гг.) проводили производственные опыты по изучению сроков уборки гибридов отечественной и зарубежной селекции.

Почва опытных полей относится к черноземам типичным (слабовыщелоченным) малогумусным с содержанием гумуса в пахотном слое 3,4 – 3,7 %. Реакция почвенной среды составляет 5,5-6,0. Обеспеченность основными элементами почвенного питания средняя. Удобрения не применялись.

Ежегодно в исследования включались до 40 гибридов сахарной свеклы Кубанской селекции и селекции иностранных фирм (Сингента, Марибо, Штрубе и др.). Сев проводили в первой декаде апреля сеялкой «Тана», с нормой высева 7 клубочков на погонном метре. Каждый гибрид занимал шестирядную делянку по длине поля.

Погодные условия в период вегетации отличались от среднемноголетних показателей. Запасы влаги в 2-х метровом слое на период посева в 2012-2014 гг. были 274, 240 и 244 мм соответственно (норма 270 мм).

В период интенсивного роста и развития (май – сентябрь) сумма осадков в 2012-2014 гг. составляла 305, 296 и 274 мм соответственно (при норме 281 мм).

В период вегетации в три срока 1 августа, 1 сентября и 1 октября учитывали:

- густоту насаждения растений, тыс. шт. на га (по общепринятой методике [143, 144]);

- урожайность корнеплодов, сахаристость и сбор сахара с 1 га [144].

Биологическую урожайность определяли на учетных площадках сплошным способом при ручной копке. Учетные площадки размещались по диагонали делянок каждого гибрида. Повторность четырех кратная. После взвешивания корнеплодов отбирали пробы в количестве 20 корнеплодов в каждой повторности для определения сахаристости. Содержание сахара определяли способом холодной дигестии на поляризационной линии «Венема».

*Опыт 6.* Продуктивность экспериментальных биотехнологических гибридов сахарной свеклы.

Актуальность наших исследований заключается в том, что самый большой урон продуктивности сахарной свеклы наносят сорные растения. Сахарная свекла, по сравнению с другими полевыми культурами восприимчива к сорным растениям на всех этапах роста и развития. Гербициды, как сильные ингибиторы метаболизма, уничтожая сорные растения, токсичны и для сахарной свеклы. Поэтому проблему создания гибридов сахарной свеклы устойчивых к гербицидам следует признать одной из приоритетных.

Целью исследований является создание толерантных к глифосату линий сахарной свеклы в качестве доноров устойчивости на базе отечественных

самофертильных раздельноплодных линий О-типа, МС форм и сростноплодных опылителей. Практическим результатом является получение рентабельных устойчивых к глифосату биотехнологических гибридов, с помощью которых существенно снизятся риски нанесения вреда для сахарной свеклы и окружающей среды путем уменьшения гербицидной нагрузки.

Опыты проводились в период с 2019 -2020 гг. На первом этапе исследований решалась задача создания классическими селекционными методами новых исходных форм, в частности, раздельноплодных линий mm и сростноплодных линий MM, обладающих толерантностью (устойчивостью) к глифосату.

На втором этапе проводилась селекционная работа по изучению хозяйственно полезной ценности генетически измененных комбинационно способных линий, гибридизация, всестороннее испытание и отбор наиболее ценных из них. После тщательного анализа цифровых данных принималось решение об использовании наиболее продуктивных и рентабельных гибридов.

При подборе материала и методик исследования для определения генотипа сахарной свёклы по признаку толерантности к глифосату были положены Менделевские представления о доминантности и рецессивности. Условно принималось, что толерантность контролируется доминантным геном устойчивости и что RR – гомозигота по доминанте, rr – гомозигота по рецессиву, а Rr – гетерозигота по признаку толерантности. Растения с признаками толерантности к глифосату обозначали как «Т-формы», например, ТOp-опылители, ТО-типы, ТМС-линии, ТГ-гибриды.

(На первом этапе применяли самоопыление предполагаемых Т-форм, в потомствах которых растения 1-го и 2-го года жизни или погибали, или сохранялись после опрыскивания глифосатом в определенных концентрациях.

При этом исходили из того, что доминантные (RR) растения можно получить только последовательным (не менее трёх раз) самоопылением и отбором уменьшать их гетерозиготность.

В наших опытах, с целью получения толерантных к глифосату селекционных материалов, в качестве реципиента использовали следующие формы, ранее созданные на Первомайской селекционно-опытной станции сахарной свеклы:

1. Многосемянные фертильные линии-опылители (ММ) различного происхождения - отцовские формы для районированных и перспективных гибридов, созданные индивидуальным отбором из популяций в сочетании с последующим инцухтом и оценкой по комбинационной способности.

2. Односемянные фертильные линии О-типа (mm), проверенные на закрепительную способность по признаку ЦМС (генотип Nxxxzz), используемые в качестве фертильных аналогов для размножения МС-линий различного типа.

3. В качестве МС-тестера и, возможно, будущего материнского компонента Т-гибрида использовали МС-линии, стерильные по пыльце – функционально женские отдельноплодные аналоги линий О-типа с генотипом mmSxxxzz (МС). МС-тестеры применяли для принудительных парных скрещиваний в изоляторах с целью уточнения генотипа отцовской Т-формы и на пространственно-изолированных участках при свободном перекрёстном опылении, для получения гибридных семян отечественных пробных ТМС-гибридов (толерантных к глифосату).

В процессе самоопыления и размножения по типу сибсов применяли индивидуальные и парные изоляторы, групповые и вегетационные кабины, а для получения пробных гибридов компоненты скрещивания высаживали на небольших пространственно-изолированных участках (на расстоянии 2-3 км друг от друга) для свободного переопыления. Эффективность скрещивания во многом зависела от синхронности (или несинхронности) цветения компонентов скрещивания. Полученные в опытах пробные ТМС-гибриды и отцовские компоненты (ТОп) оценивали по устойчивости к глифосату и сравнивали с контрольным коммерческим гибридом по урожайности, качеству

продукции, устойчивости к болезням, цветущности и выращивания по общепринятым методикам с некоторыми изменениями и дополнениями.

Растения подопытных Т-форм, пробных гибридов и номеров (образцов) от анализирующих и насыщающих скрещиваний обрабатывали глифосатом в фазе первой и/или второй пары настоящих листьев, а затем в теплице (или в поле, в зависимости от цели опыта) в фазу розетки семенников на 2-м году жизни. Погибшие экземпляры причисляли к генотипу «rr». Оставшиеся в живых растения фенотипически не различались и по генотипу были, скорее всего, типа «Rr» или «RR». Какие генотипы из них преобладали – определить было невозможно и растения для дальнейших исследований отбирали по фенотипу. Сохранность растений учитывали через 5,7 и 10 дней после опрыскивания глифосатом. Наблюдения, учеты и анализ цифровых данных проводили по общепринятым методикам.

В экологическом испытании изучались четыре биотехнологических МС гибрида устойчивых к глифосату с каталожными номерами ТГ935(1382), ТГ937(1383), ТГ944(1385) и ТГ946 (1386). Учеты проводились в два срока 10 сентября и 08 октября при ручной копке и при механизированной комбайновой уборке 25 октября.

Опыт проводился в предгорной зоне Краснодарского края в Успенском районе в ООО «Агросахар». Предшественник - озимая пшеница, посев проводился в конце апреля с нормой высева 1,5 пос. единиц семян на 1га. Семена готовились ручным способом в лабораторных условиях. Опрыскивание проводилось гербицидом Тотал 480 в фазу развития растений сахарной свеклы – две пары настоящих листьев, из расчёта 2 литра на 1 га по препарату. Повторного опрыскивания не потребовалось. Уборка проведена механизировано комбайном «Greeme» 25 октября. Сахаристость определялась в 20-ти корневых пробах в 3-х кратной повторности в лаборатории Успенского сахарного завода.

*Опыт 7.* Особенности выращивания новых гибридов сахарной свеклы в условиях недостатка влаги.

Целью было изучить и апробировать отдельные системы основной подготовки почвы с учетом большего накопления и рационального использования растениями влаги, а также создание условий, снижающих потери почвенной влаги в агроценозах и уменьшить затраты на проведение агротехнических мероприятий.

В процессе научно-исследовательской работы изучались следующие способы основной обработки почвы:

- вариант 1 – вспашка с оборотом пласта на глубину 28-30 см;
- вариант 2 – чизелевание на глубину 33-35 см, с поверхностной обработкой почвы на глубину 3-5 см.

В опыте использовались гибриды Кубанский МС 95 и Успех.

Площадь делянок в каждом варианте составляла 1,2 га. Проведение исследований, наблюдения и учеты проводились в соответствии с требованиями общепринятых методических разработок и рекомендаций в три срока: перед посевом (10-15 апреля), середина вегетации (20-25 июня), перед уборкой (5-10 сентября).

Приемы подготовки почвы:

Фактор А - Вспашка. Основная обработка включала: лущение стерни на глубину 10 - 12 см; вспашка - на глубину 30 - 32 см; культивация; предпосевная культивация на глубину 3 - 4 см.

Фактор В - чизеливание. Этот прием включал: двухкратное дискование стерни на глубину 4 - 5 см; чизеливание на глубину 32 - 35 см; культивация предпосевная на глубину 3 - 4 см.

В опыте определяли:

- запасы продуктивной влаги в двух метровом слое (термостатно-весовым методом ГОСТ 28268-89);
- объемную массу почвы (по общепринятой методике в г/см<sup>3</sup>);
- общую пористость почвы (определили расчетным путем по значению плотности твердой фазы и плотности сложения почвы).

### 3 ЭТАПЫ И ПРИЕМЫ СОЗДАНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ УСТОЙЧИВЫХ К ГЛИФОСАТУ

#### 3.1 Использование цитоплазматической мужской стерильности в селекции сахарной свеклы

У многих видов однодомных растений с обоеполыми цветками изредка встречаются единичные особи со стерильными мужскими генеративными органами. Еще Ч. Дарвин рассматривал их как склонность вида переходить от однодомности к двудомности, которую в эволюционном отношении считал более совершенной. Таким образом, формирование особей, имеющих мужскую стерильность, представляет собой естественное явление эволюционного процесса [43].

Мужскую стерильность впервые обнаружил К. Корренс в 1904 г. у огородного растения летний чабер. В 1921 г. В. Бэтсон нашел ее у льна, в 1924 г. американский генетик Д. Джонс – у лука, в 1929 г. А. Купцов – у подсолнечника. В 1932 г. М. Хаджинов и американский генетик М. Родс обнаружили мужские стерильные растения у кукурузы. В дальнейшем было установлено, что мужская стерильность широко распространена и среди биотипов сахарной свеклы [8, 234, 239].

Объяснение генетических закономерностей и схем наследования мужской стерильности у растений широко представлено в литературных источниках.

Первое генетическое обоснование явления ЦМС и закономерностей его наследования у сахарной свеклы были сделаны Ф.Оуэном [162]. Он предположил, что у свеклы существует два типа цитоплазмы – нормальная (N) и стерильная (S), которая обуславливается двумя ядерными генами X и Z. Полная мужская стерильность определяется плазмой S и генами X и Z в гомозиготном рецессивном состоянии (Sxxzz). Это свойство передается по материнской линии. Присутствие доминантных генов в гетерозиготном состоянии дает полустерильные формы (SXxzz, SXxZz). Плазма N всегда

определяет полностью фертильные растения при любом генотипе. Однако, работу с мужской стерильностью затрудняет рецессивное состояние ядерных генов  $X-x$  и  $Z-z$ , обеспечивающих стерильный фенотип растений с S-цитоплазмой. Ф. Оуэн отмечал неравнозначность локусов  $X-x$  и  $Z-z$ : первый из них основной, а второй имеет более слабое действие и подвержен сильной модификации под влиянием условий внешней среды. Отсюда часто трудно отличать стерильные растения от частично стерильных и это, порой, ставит трудноразрешимые задачи при классификации фенотипов на стерильные и фертильные при проведении генетических исследований и в практической селекции при гибридизации.

Изучение компонентов цитоплазмы, способных к самовоспроизведению и мутированию, позволило установить, что носителями цитоплазматической наследственности являются пластиды, митохондрии, а также наследственные единицы (ДНК и РНК), не обязательно связанные с органеллами.

В настоящее время общепризнанным является представление о том, что цитоплазматическая наследственность есть результат особых ядерно-плазматических взаимоотношений, заключающихся в прямых или косвенных взаимодействиях геномов митохондрий и пластид с геномом ядра. Такая «межгеномная кооперация не только важна в координации метаболизма и функционировании органелл, но и играет основную роль в развитии и дифференциации организма как целого».

В Российской Федерации первые гибриды сахарной свеклы на стерильной основе начали создавать и внедрять в производство в 80-х годах двадцатого столетия. Использование в селекции цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) позволяет эффективно контролировать скрещивания и получать с материнского компонента 100 % гибридных семян.

Основными проблемами селекции сахарной свеклы на гетерозис с использованием ЦМС является: закрепление признака ЦМС; сочетание ЦМС и раздельноплодности у материнской формы; сочетание закрепительной способности и самосовместимости (или самофертильности) линий O-типа.

При этом нельзя забывать о других признаках и свойствах: комбинационной способности, устойчивости к болезням и цветущности; высокой всхожести семян, сахаристости и технологических качествах сырья, урожайности и лежкости корнеплодов.

В США и в некоторых других странах при получении МС гибридов сахарной свеклы для повышения эффектов гетерозиса в качестве материнского компонента используются простые МС гибриды (Single cross), в которых мужскостерильная линия скрещивается с неродственной линией-закрепителем стерильности. Это усложняет схему селекции, так как предполагает использование второго неродственного закрепителя стерильности О-типа, отвечающего требованиям по показателям закрепительной и комбинационной способности [281, 290].

В работе изучали наследование признака цитоплазматической мужской стерильности, создание закрепителей стерильности О-типа и получение их стерильных аналогов. Получение и изучение простых гибридов (Single cross), для использования в качестве материнского компонента при создании высокопродуктивных рентабельных гибридов сахарной свеклы.

Селекционная работа по созданию линий сахарной свеклы с мужской стерильностью на первом этапе осуществлялась с помощью контролируемых парных скрещиваний линий, обладающих цитоплазматической мужской стерильностью, с раздельноплодными самофертильными линиями-кандидатами в закрепители стерильности, под парными изоляторами. При получении новых исходных материалов линий - опылителей О-типа наиболее эффективным методом признана гибридизация различных раздельноплодных линий и выделение новых форм в последующих репродукциях в процессе самоопыления. В качестве кандидатов в опылители О-типа нами были использованы инбредные линии, выделенные ранее из сортовых популяций, на основании поляриметрических отборов и простые гибриды, раздельноплодных растений сахарной свеклы с фертильной пылью. Источниками ЦМС служили ранее созданные мужскостерильные линии.

Все кандидаты в закрепители стерильности высаживались для самоопыления на участке индивидуальных изоляторов, где проводились браковки по признаку раздельноплодности. В дальнейшую селекционную работу отбирались особи с раздельноплодностью 100 %. Семена, полученные от самоопыления каждого родоначальника, высевались поделочно в селекционном питомнике размножения летнего срока посева. Выращенные корнеплоды включались для парных скрещиваний с линиями - источниками ЦМС для проверки закрепительной способности. Дальнейшая селекционная работа состояла в последующем беккроссировании под групповыми изоляторами и анализе наследования признака ЦМС в потомстве лучших пар скрещивания. В фазу бутонизации линии-кандидаты в О-тип подвергались браковкам по признаку раздельноплодности. Отбирались растения, обладающие 100 % раздельноплодностью. У МС форм проводилась браковка по признакам раздельноплодности и стерильности пыльцы. Выбраковывались фертильные растения, полустерильные растения (1-го и 2-го) типа, а также растения, имеющие сросшиеся плоды. Полностью стерильными (генотип Sxxxz) считали растения, имеющие белые пустые пыльники, которые определяли до распускания цветков, сделав разрез хорошо развитого пыльника. Визуальное определение стерильности подтверждали микроскопическим методом исследования пыльников.

После проведенных браковок и анализа полученных результатов был отобран ряд номеров, обладающих высокой закрепительной способностью. Беккроссные потомства материнской формы в различной степени обладали признаками полной мужской стерильности. Исследования показали большую изменчивость в наследовании признака ЦМС у потомств отдельных растений сахарной свеклы, что связано с различными генотипами отобранных кандидатов в закрепители стерильности. Данные свидетельствуют о том, что на практике далеко не всегда наблюдалось 100% закрепление полной стерильности. Проведя анализ стерильных аналогов, было установлено, что 6 номеров от парных скрещиваний в первом поколении имели расщепление в

соотношении близком 50:50, т.е. 50 % особей оказалось полностью стерильных, а 50 % особей – полустерильных. Это свидетельствует о гетерозиготности отобранных номеров - кандидатов в закрепители стерильности по одному из доминантных генов (NXxzz или NxxZz). Из 14 изучаемых номеров 3 имели характер расщепления 50:25:25, т.е. 50 % особей были полностью стерильные, 25 % имели стерильность 1-го типа и 25 % показали стерильность 2-го типа. Данные кандидаты в закрепители стерильности имели генотип NXxZz, и лишь пяти фертильных линий обладали искомым генотипом Nxxzz, которые обусловили полную стерильность (таблице 7).

Таблица 7 – Наследование признака мужской стерильности в процессе создания линий закрепителей стерильности и получения их стерильных аналогов у сахарной свеклы, 2013 г.

Племенное обозначение	Расщепление по стерильности						Предполагаемый генотип опылителя (О-типа)
	фактическое, %			теоретическое, %			
	мс	мс1	мс2	мс	мс1	мс2	
1	2	3	4	5	6	7	8
От12126№1 МС27038x12126№1	- 82	- 18	-	- 100	- 0	- 0	NxxZz
От12126№4 МС27038x12126№4	- 56	- 44	-	- 50	- 50	- 0	NXxzz
От12126№7 МС27038x12126№7	- 64	- 36	-	- 50	- 50	- 0	NXxzz
От12126№2 МС27038x12126№2	- 42	- 36	- 22	- 50	- 25	- 25	NXxZz
От 7994 (16) МС 4935x7994(16)	- 63	- 17	- 20	- 50	- 25	- 25	NXxZz
От 7994 (18) МС 4935x7994(18)	- 84	- 16	-	- 50	- 50	- 0	NxxZz
994 №3 935x7994 № 3	- 98	- 2	-	- 100	- 0	- 0	Nxxzz
936(16) №1 935x4936 (16) №1	- 89	- 11	-	- 100	- 0	- 0	NxxZz

1	2	3	4	5	6	7	8
ОТ4936№2 МС (27038xОТ4936)№2	- 96	- 4	- -	- 100	- 0	- 0	Nxxzz
ОТ4936№5 МС(27038xОТ4936)№5	- 53	- 47	- -	- 50	- 50	- 0	NXxzz
12122№3 2169x12122№3	- 58	- 23	- 19	- 50	- 25	- 25	NXxZz
12122№2 МС12169x12122№2	- 92	- 8	- -	- 100	- 0	- 0	Nxxzz
ОТ12127 №1 МС 27038 x ОТ 12127№1	- 100	- 0	- -	- 100	- 0	- 0	Nxxzz
ОТ11301П26 МС11348xОТ11301П26	- 91	- 9	- -	- 100	- 0	- 0	Nxxzz

Номера 12127№1, 4936(16) №2, 12122 №2, 7994№3, 11301П26 показали закрепительную способность: 100; 96; 92; 98 и 91% соответственно. Полное закрепление стерильности у данных материалов вероятнее всего не происходило из-за присутствия среди МС форм гетерозиготных особей с генотипом SXxzz, SxxZz, которые удалялись в процессе бравок по признаку стерильности в последующих поколениях беккрасса. Дальнейшая работа состояла в насыщающих скрещиваниях подобранных пар с проведением бравок по признакам раздельноплодности и стерильности. Показатели стерильности и раздельноплодности наиболее ценных пар скрещивания после трех поколений беккрасса представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Стерильность и раздельноплодность наиболее перспективных селекционных материалов в различных поколениях беккрасса, 2013 г.

Племенное обозначение	Раздельноплодность (mm) и стерильность (s) в поколениях беккрасса, %					
	B <sub>1</sub>		B <sub>2</sub>		B <sub>3</sub>	
	mm	s	mm	s	mm	s
ОТ 12127 №1 МС 27038 x ОТ 12127 №1	97 98	- 100	99 100	- 100	100 100	- 100
ОТ 4936 №2 МС (27038 x ОТ4936) №2	100 96	- 96,2	100 98	- 98	98 97	- 100

От 12122 №2 МС 12169 x 12122 №2	100 89	- 93	98 92	- 95	100 96	- 96,4
От 7994 №3 МС 4935 x 7994 № 3	99 97	- 93,5	100 98	- 100	100 97	- 100
От 12126№1 МС 27038x12126№1	94 89	- 82	96 95	- 97	98 93	- 99,1

После трех поколений беккрасса, были созданы линии закрепители О-типа: От 12127 №1, От 4936 №2, От 12126 №1, От 7994 № 3, обладающие высокой закрепительной способностью (96-100%). Уровень раздельноплодности полученных материалов варьировал в пределах 93-100%.

Продолжалось изучение простых гибридов (Single cross), для использования в качестве материнского компонента при получении гетерозисных гибридов. Такие материалы включены в селекционный процесс для подтверждения их преимущества по сравнению с исходными МС аналогами.

На пространственно изолированных участках была проведена работа по изучению показателей стерильности и раздельноплодности материалов сингл-кроссов, которые были получены в 2013 году в результате скрещивания МС линий с неродственным закрепителем стерильности От4936. В задачу исследований входило изучение наследования признаков стерильности и раздельноплодности при использовании неродственной линии О-типа в качестве закрепителя стерильности. Всего изучалось пять номеров сингл-кроссов. Результаты изучения представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Стерильность и раздельноплодность исходных МС форм и сингл - кроссов сахарной свеклы, 2014 г.

Селекционный материал	Стерильность, %	Раздельноплодность, %
1	2	3
Исходные МС линии (2013год)		
СКМС 4935x7994	96	92
СКМС 27038x7994	94	95

1	2	3
МС (12173x12126)	86	97
МС (12171x12127)	80	96
МС (12169x12122)	74	96
Сингл-Кросс с ОТ 4936		
МС (4935 x 7994)x 4936	95	90
МС (27038x7994) x4936	97	96
МС (12173x12126) x4936	86	54 (1-2 плодн.)
МС (12171x12127)x4936	85	48 (1-2 плодн.)
МС (12169x12122) x4936	86	42 (1-2 плодн.)

Было установлено, что в основном по всем материалам стерильность не снижалась, а в отдельных случаях повышалась по сравнению с исходными МС формами и находилась в пределах 85-97 %. Показатели раздельноплодности у всех без исключения изучавшихся материалов значительно снижались, причем у отдельных материалов в большинстве преобладали 2-х плодные семена. Вероятно, это вызвано эффектом гетерозиса по плодности в гибридном потомстве F1 у сингл-кроссов и, возможно, связано с корректностью проводимых исследований.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что необходимо расширить объем изучения раздельноплодных линий кандидатов в закрепители стерильности и проводить более строгий учет показателей раздельноплодности и стерильности у компонентов скрещивания на всех этапах изучения при получении простых сингл-кроссовых гибридов.

Таким образом, селекционная работа по созданию линий закрепителей стерильности на первом этапе включала поиск линий О-типа и осуществлялась с помощью контролируемых парных скрещиваний, что позволило отобрать рецессивные генотипы Nxxzz и получить их мужскостерильные аналоги Sxxzz.

Было установлено, что возвратные скрещивания с гетерозиготными О-типами и отборы не позволяют поддерживать 100 % стерильность. С помощью

возвратных скрещиваний МС линий с подобранными закрепителями стерильности, рецессивными по генам  $xxzz$ , удалось получить МС аналоги с раздельноплодностью и стерильностью 100 %. При получении простых (Single cross) гибридов для использования в качестве материнского компонента гетерозисных гибридов сахарной свеклы стерильность по сравнению с исходными МС линиями не снижалась и находилась в пределах 85-97 %. Показатели раздельноплодности у большинства изучавшихся материалов при этом значительно снижались, что следует учитывать при планировании дальнейших исследований.

В процессе исследований часть отобранных линий в последствии послужили родительскими компонентами скрещиваний для гибридов Кубанский МС 80, Кубанский МС 81, Кубанский МС 83, Кубанский МС 91, Кубанский МС 92, Кубанский МС 95, Азимут, Карат, Рубин, Первомайский и др., которые своевременно были включены в Госреестр селекционных достижений РФ.

### **3.2 Характеристика сростноплодных линий – опылителей сахарной свеклы**

Создание и оценка новых самоопыленных линий по комплексу хозяйственно-ценных признаков является важнейшим этапом получения высокопродуктивных гибридов при селекции на гетерозис любой культуры.

Дальнейший прогресс в селекции сахарной свеклы связан с интенсификацией работ по созданию, оценке и систематизации исходного материала. Ранние исследования по кукурузе и свекле позволили установить четкую взаимосвязь между гетерозисом по урожайности и генетическим разнообразием между скрещиваемыми формами [10, 277, 293].

Как уже указывалось выше, сахарной свекле свойственны: ксеногамия, гетеногамия и аутогамия. Ксеногамия – это перекрестное опыление между цветками различных растений, гетеногамия – опыление между цветками того

же растения и аутогамия - опыление в пределах цветка. Самофертильные растения в обычных популяциях сахарной свеклы встречаются.

Преодолевают самонесовместимость с помощью гена Sf, контролирующего самофертильность, или с использованием псевдосовместимости (воздействие на самонесовместимые растения пониженной температурой в период их цветения).

Знания вышеупомянутых особенностей сахарной свеклы позволяют использовать у этой культуры различные степени инбридинга. Применяют его для разложения популяции на гомозиготные линии, частота которых возрастает с поколением инбридинга [9, 25, 53]. Поскольку количество гомозигот повышается за счет гетерозигот, то в гомозиготе состояние переходят и нежелательные (рецессивные) аллели генов, что приводит к снижению жизнеспособности, особенно у перекрестноопыляющихся видов.

У сахарной свеклы при самоопылении снижается урожайность корнеплодов, но по сахаристости эта закономерность не всегда подтверждается.

В качестве исходного материала, для получения линий, мы использовали сростноплодные диплоидные популяции сахарной свеклы с лучшими показателями по сахаристости и урожайности.

Начиная с третьего поколения инбридинга самоопыление чередовали с sibсовым размножением под групповыми бязевыми изоляторами. Такой способ позволяет получать линейные материалы с менее выраженной депрессией таких признаков, как сахаристость, продуктивность и комбинационная способность.

Основным методом селекции при создании опылителей сахарной свеклы являлся индивидуальный отбор родоначальников [126, 128] с дальнейшим самоопылением под индивидуальными изоляторами и sibсовым размножением под групповыми изоляторами.

Отбор растений-родоначальников (педигри) проводили по хозяйственно - ценным признакам и по результатам поляризационного анализа.

Для продолжения следующего цикла работ после уборки растений под индивидуальными изоляторами, отбирали лучшие по завязываемости семян. Дифференциация материала по морфологическим признакам и устойчивости к церкоспорозу проявлялась после трех-четырех циклов самоопыления.

В таблице 10 представлена часть результатов наших исследований, наиболее полно они помещены в годовых отчетах.

Из данных таблицы 10 следует, что при определении массы корнеплода в процентах к среднему по опыту обращают на себя внимание линии 5063П96(61), 5121П96(99) и 5063x8949, т.к. у них самое высокое значение этого показателя (130,8; 125,0 и 110,8 % соответственно).

Таблица 10 - Сравнительная характеристика линий – опылителей по результатам поляризационного анализа

Линия	Масса корнеплода, г				Сахаристость, %			
	х	min	max	% к сред. по опыту	х	min	max	% к сред. по опыту
4738 П96	329	250	650	81,0	15,8	13,2	17,1	106,7
8949 П98	418	250	650	103,0	16,5	14,3	18,4	111,5
5121 П96(99)	509	250	900	125,0	16,8	14,5	19,1	113,5
5063 П 96(61)	531	250	900	130,8	15,1	12,6	17,6	102,3
5063 x 8949	450	250	900	110,8	14,4	12,0	15,7	97,3
4963 x 4995	423	250	900	104,0	15,7	12,7	17,6	106,0
4977 x 4995	325	250	600	80,0	13,5	12,5	14,5	91,2
21695	371	250	700	91,4	14,2	11,3	16,9	96,0
10632	305	250	450	75,0	11,5	9,4	13,5	77,7
Среднее	406	250			14,8			

Четвертое место занимает линия 4977 x 5050 (104 %) и пятое 8949П98 (103 %). Рейтинг по сахаристости у изучаемых линий иной. Первое место у линии 5121П96(99) (113,5 %), второе – у 8949П98 (111,5 %) и третье- у 4738П96 (106,7 %). По совокупности данных признаков выделялись следующие линии: 5121П(99), 8949П98, 5063П96(61) и 4977x5050. Итак,

поляризационный метод позволяет выявить лучшие линии – опылители по наиболее важным признакам сахарной свеклы – массе корнеплода и сахаристости.

Самым важным этапом работ в селекции на гетерозис является оценка комбинационной способности инцухт-линий. Поскольку высокая комбинационная способность рассматривается как детерминированное свойство линий, ее оценка представляет собой собственно генетическую проблему в теории селекции, использующей гетерозис.

В селекционной практике утвердилось представление о системе фенотипа, как отражении генотипа, проявляющегося в согласованном функционировании ее элементов (генов) в процессах воспроизведения, преобразования и реализации наследственной информации.

В процессе оценки комбинационной способности линий исходили из представления о необходимости скрещиваний, по результатам которых судят о возможности их использования в других скрещиваниях. Несмотря на продолжительность и обстоятельность изучения в диаллельных и тестерных скрещиваниях комбинационной способности линий актуальность проблемы не снижается в связи с созданием нового исходного материала, изменением экологической среды и технологий возделывания растений [185, 220, 223].

В данной работе представлены отдельные экспериментальные данные, полученные нами от скрещивания двенадцати линий с четырьмя тестерами, которые переведены на стерильную основу. Представляло интерес, на имеющемся селекционном материале, выявить долю влияния различных факторов на формирование хозяйственно-ценных признаков сахарной свеклы: урожайности, сахаристости, сбора сахара. Полученные данные обработаны методом дисперсионного анализа двухфакторных комплексов [131, 197]. Результаты по урожайности представлены в таблице 11.

Методом дисперсионного анализа установлено, что дисперсия взаимодействия факторов АВ достаточно отличается от случайных значений.

Это свидетельствует о том, что изучаемые генотипы по-разному отреагировали на условия выращивания.

Анализ данных таблицы 11 показывает, что влияние МС-тестера на урожайность гибридов была не всегда достоверным. Гибриды, полученные с участием МС -тестеров СК 12173 и СК 12171, в среднем сформировали урожайность 47, 23 и 47, 0 т/га, что достоверно ( $НСР_{05} = 0,70$ ) превышает среднее значение урожайности с тестерами СК 4935 и СК 4936 x 7994. Из представленных данных можно заключить, что из четырех тестеров лучшие результаты по урожайности только у двух.

Таблица 11 - Урожайность экспериментальных гибридов сахарной свеклы в зависимости от генотипа родительских форм, т/га

Градации фактора		Среднее по:		
МС – тестер ♀ (А)	опылитель ♂ (В)	вариантам	фактору А	фактору В
1	2	3	4	5
СК 4935	СКЛ 4738П96	48,90	45,48	
	СКЛ 8949П98	51,85		
	СКЛ 5121П96(99)	49,30		
	СКЛ 5063П96(61)	47,00		
	СКЛ 5049	42,53		
	СКЛ 4950	48,40		
	СКЛ 4995	47,90		
	СКЛ 21695	39,42		
	СКЛ 19965	48,57		
	СКЛ 10632	43,90		
	СКЛ 10182	41,75		
	СКЛ 9855	4,075		
СК 121173	СКЛ 4738П96	43,00	47,20	
	СКЛ 8949П98	50,10		
	СКЛ 5121П96(99)	51,80		
	СКЛ 5063П96(61)	49,28		

1	2	3	4	5
	СКЛ 5049	47,47		
	СКЛ 4950	53,30		
	СКЛ 4995	50,20		
	СКЛ 21695	39,75		
	СКЛ 19965	38,70		
	СКЛ 10632	48,10		
	СКЛ 10182	46,23		
	СКЛ 9855	49,30		
СК 12171	СКЛ 4738П96	47,70	47,00	
	СКЛ 8949П98	46,30		
	СКЛ 5121П96(99)	50,53		
	СКЛ 5063П96(61)	46,76		
	СКЛ 5049	45,18		
	СКЛ 4950	51,10		
	СКЛ 4995	46,30		
	СКЛ 21695	42,60		
	СКЛ 19965	43,50		
	СКЛ 10632	48,90		
	СКЛ 10182	47,03		
	СКЛ 9855	48,30		
СК 4935 x7994	СКЛ 4738П96	47,05	44,92	
	СКЛ 8949П98	45,83		
	СКЛ 5121П96(99)	47,70		
	СКЛ 5063П96(61)	45,88		
	СКЛ 5049	43,77		
	СКЛ 4950	48,38		
	СКЛ 4995	41,63		
	СКЛ 21695	42,60		
	СКЛ 19965	48,05		
	СКЛ 10632	41,30		
	СКЛ 10182	41,33		
	СКЛ 9855	45,55		
НСР <sub>05</sub>	Вариантов	2,52		

1	2	3	4	5
	Фактора А		0,70	
	Фактора В			1,26

Урожайность гибридов, полученная в среднем по четырем тестерам, варьировала от 41,09 до 50,29 т/га, что свидетельствует о влиянии на данный признак генотипа опылителя. Первое место занимает комбинация с участием опылителя СКЛ 4950 (50,29 т), второе – с участием опылителя СКЛ 5121П96(99) – 49,83 т, а третье – от опыления пыльцой СКЛ 8949П98 – 48,52т. При  $НСР_{05} = 1,26$  указанные гибриды достоверно превышают урожайность большинства других гибридов. Эти результаты могут косвенно свидетельствовать о высокой и хорошей комбинационной способности указанных опылителей.

Если условно принять 50 т/га за высокую урожайность, то можно отметить лучшие варианты по опыту, когда участвуют оба фактора в ее формировании. На фоне МС тестера СК 4935 выделился вариант с участием опылителя СКЛ 8949П98 (51,85 т), а на фоне СК 12173 – с участием опылителя СКД 8949П98, СКЛ 5121П96(99), СКЛ 4950 и СКЛ 4995. Урожайность гибрида в этом случае составила: 50,1; 51,8; 53,3 и 50,2 т/га соответственно. На фоне тестера СК 12171 выделились два экспериментальных гибрида с участием опылителей СКЛ 5121П96(99) и СКЛ 4950, урожайность их составила 50, 53 и 51,1 т/га соответственно. На фоне тестера СК 4935 х 4994 нами не выделено ни одной комбинации с урожайностью более 50 тонн.

Двухфакторный дисперсионный анализ данных по сахаристости гибридов свидетельствует о том, что на этот признак оказывали влияние оба фактора, но в разной степени (таблица 12).

В среднем по двенадцати гибридам, которые получены с участием тестера СК 4935, сахаристость составила 16,95 %, а с другим тестером (СК 4935 х 7994) – 16,77 %.

Таблица 12 - Сахаристость гибридов сахарной свеклы в зависимости от генотипа МС-тестеров и линий-опылителей, %

Градация фактора		Среднее по:		
МС – тестер ♀ (А)	опылитель ♂ (В)	вариантам	фактору А	фактору В
1	2	3	4	5
СК 4935	СКЛ 4738П96	16,9	16,95	
	СКЛ 8949П98	16,1		
	СКЛ 5121П96(99)	16,6		
	СКЛ 5063П96(61)	17,0		
	СКЛ 5049	16,8		
	СКЛ 4950	16,8		
	СКЛ 4995	16,8		
	СКЛ 21695	17,3		
	СКЛ 19965	17,1		
	СКЛ 10632	16,8		
	СКЛ 10182	18,0		
СКЛ 9855	17,4			
СК 121173	СКЛ 4738П96	17,3	17,40	
	СКЛ 8949П98	16,9		
	СКЛ 5121П96(99)	16,5		
	СКЛ 5063П96(61)	17,1		
	СКЛ 5049	17,8		
	СКЛ 4950	17,5		
	СКЛ 4995	17,1		
	СКЛ 21695	17,7		
	СКЛ 19965	17,4		
	СКЛ 10632	17,0		
	СКЛ 10182	18,1		
СКЛ 9855	18,4			
СК 12171	СКЛ 4738П96	17,60	17,39	
	СКЛ 8949П98	17,33		
	СКЛ 5121П96(99)	16,50		

1	2	3	4	5
	СКЛ 5063П96(61)	16,88		
	СКЛ 5049	17,00		
	СКЛ 4950	17,73		
	СКЛ 4995	17,00		
	СКЛ 21695	17,40		
	СКЛ 19965	18,20		
	СКЛ 10632	16,90		
	СКЛ 10182	18,25		
	СКЛ 9855	17,92		
СК 4935 x7994	СКЛ 4738П96	16,5	16,77	
	СКЛ 8949П98	15,93		
	СКЛ 5121П96(99)	15,93		
	СКЛ 5063П96(61)	16,55		
	СКЛ 5049	16,65		
	СКЛ 4950	17,02		
	СКЛ 4995	16,90		
	СКЛ 21695	16,90		
	СКЛ 19965	16,63		
	СКЛ 10632	16,90		
	СКЛ 10182	18,00		
	СКЛ 9855	17,38		
НСР <sub>05</sub>	Вариантов	0,46	0,13	
	Фактора А			
	Фактора В			0,23

Между этими средними различия незначительны (НСР<sub>05</sub>-0,13) и практически находятся в пределах ошибки опыта. С участием двух других тестеров среднее значение сахаристости у гибридов повышалось, но различия между значениями практически отсутствовали. Так, среднее содержание сахара в корнеплодах от скрещивания с МС-тестером СК 12173 составило 17,4%, а с МС-тестером СК 12171 – 17,39 % при НСР<sub>05</sub>= 0,13. Преимущество тестеров СК 12171 и СК 12173 по сахаристости над тестером СК 4935 и 4935x7994 достоверно.

При скрещивании каждой линии с четырьмя тестерами сахаристость у гибридов варьировала от 16,38 до 18,09 %. Худший результат был у комбинации, когда в качестве опылителя выступала линия 5121П96(99), лучший – при опылении пылью линии СКЛ 10182. Комбинация с самой низкой сахаристостью (16,38 %) достоверно уступала всем другим, кроме той, когда в качестве опылителя использовалась линия СКЛ 8949П98. Комбинация с самой высокой сахаристостью (18,09 %) достоверно превышала все другие одиннадцать случаев скрещивания.

Анализ полученных данных способствует дифференциации линий опылителей при оценке общей комбинационной способности.

Продуктивность сахарной свеклы характеризует не только урожайность корнеплодов, но и сбор сахара с единицы площади. Признак этот комплексный и зависит не только от урожая корнеплодов, но и от их сахаристости (таблица 13).

Таблица 13 - Сбор сахара у экспериментальных гибридов сахарной свеклы в зависимости от генотипа МС – тестеров и линий-опылителей, т/га

Градация фактора		Среднее по :		
МС – тестер ♀ (А)	опылитель ♂ (В)	вариантам	фактору А	фактору В
1	2	3	4	5
СК 4935	СКЛ 4738П96	8,27	7,78	
	СКЛ 8949П98	8,40		
	СКЛ 5121П96(99)	8,18		
	СКЛ 5063П96(61)	7,88		
	СКЛ 5049	7,23		
	СКЛ 4950	8,15		
	СКЛ 4995	8,15		
	СКЛ 21695	6,76		
	СКЛ 19965	8,45		
	СКЛ 10632	7,37		

1	2	3	4	5
	СКЛ 10182	7,39		
	СКЛ 9855	7,12		
СК 121173	СКЛ 4738П96	7,38	8,15	
	СКЛ 8949П98	8,43		
	СКЛ 5121П96(99)	8,46		
	СКЛ 5063П96(61)	8,42		
	СКЛ 5049	8,30		
	СКЛ 4950	9,21		
	СКЛ 4995	8,56		
	СКЛ 21695	6,94		
	СКЛ 19965	6,70		
	СКЛ 10632	8,04		
	СКЛ 10182	8,39		
	СКЛ 9855	8,90		
СК 12171	СКЛ 4738П96	8,39	8,19	
	СКЛ 8949П98	8,10		
	СКЛ 5121П96(99)	8,34		
	СКЛ 5063П96(61)	7,88		
	СКЛ 5049	7,68		
	СКЛ 4950	9,05		
	СКЛ 4995	7,87		
	СКЛ 21695	7,41		
	СКЛ 19965	8,09		
	СКЛ 10632	8,26		
	СКЛ 10182	8,58		
	СКЛ 9855	8,65		
СК 4935 x7994	СКЛ 4738П96	7,85		
	СКЛ 8949П98	7,22		
	СКЛ 5121П96(99)	7,59		
	СКЛ 5063П96(61)	7,56		
	СКЛ 5049	7,29		
	СКЛ 4950	8,23		
	СКЛ 4995	7,39		

1	2	3	4	5
	СКЛ 21695	7,01		
	СКЛ 19965	7,97		
	СКЛ 10632	6,98		
	СКЛ 10182	7,43		
	СКЛ 9855	8,05		
НСР <sub>05</sub>	Вариантов	0,51		
	Фактора А		0,15	
	Фактора В			0,26

Из таблицы 13 видна роль МС-тестеров и опылителей в формировании данного показателя. Сбор сахара у гибридов, полученных от скрещивания одних и тех же двенадцати опылителей с разными МС-тестерами, варьировал от 7,55 до 8,19 т/га. Эта информация характеризует больше комбинационную способность тестера, чем линии. Два тестера (СК 12173 и СК 12171) способствовали достоверному повышению сбора сахара (8,15 и 8,19 т), а два (СК 4935 x 7994 и СК 4935) хоть и незначительному, но снижению (7,78 и 7,55т).

Информация, полученная от скрещивания двенадцати линий с четырьмя МС-тестерами, характеризует особенности линий. В этой серии скрещиваний выделялись следующие линии: СКЛ 4950, СКЛ 9855, СКЛ 5121П96(99) и СКЛ 8949П98. Сбор сахара от их участия в скрещивании с тестерами варьировал от 8,04 до 8,66 т. Одна комбинация скрещивания, с участием линии СКЛ 4950, по сбору сахара достоверно превышала все остальные (НСР<sub>05</sub>-0,26). Лучшими вариантами, из 48 комбинаций скрещиваний, оказались два, с участием разных тестеров, но одной и той же линии СКЛ 4950. Сбор сахара с участием МС-тестера СК 12171 составил 9,21 т, а с тестером СК 12173 – 9,05 т. Это свидетельствует о высокой комбинационной способности данной линии.

Результаты дисперсионного анализа двухфакторных комплексов (таблица 14) помогут выявить роль МС-тестера и опылителя.

Таблица 14 - Результаты дисперсионного анализа гибридов сахарной свеклы и их родительских форм

Источник варьирования	df	mS	F	Дисперсия	Доля от общей дисперсии, %
Урожайность корнеплодов					
Фактор А – МС – тестер	3,00	58,54	2,66	85,44	31,77
Фактор В – линия – опылитель	12,00	205,24	1,82	172,99	64,32
«МС – тестер х опылитель»	36,00	32,25	1,49	7,24	2,69
Остаточное (ошибки)	153,00	3,27	-	3,27	1,22
Сахаристость корнеплодов					
Фактор А – МС – тестер	3,00	5,24	2,66	15,97	83,66
Фактор В – линия – опылитель	12,00	3,28	1,82	2,95	15,48
«МС – тестер х опылитель»	36,00	0,33	1,49	0,06	0,29
Остаточное (ошибки)	153,00	0,11	-	0,11	0,57
Сбор сахара с 1 га					
Фактор А – МС – тестер	3,00	4,55	2,67	11,84	86,67
Фактор В – линия – опылитель	11,00	2,40	1,86	1,49	10,94
«МС – тестер х опылитель»	33,00	0,90	0,52	0,19	1,41
Остаточное (ошибки)	141,00	0,13	-	0,13	0,99

Судя по данным этой таблицы, она не является постоянной. Доля вклада опылителя в дисперсию урожайности более существенна (64,31 %), чем доля МС-тестера (31,77 %).

Дисперсия взаимодействия «МС-тестеропылитель» достоверно выше дисперсии ошибок, что говорит о разной реакции опылителя на тестер.

В дисперсию сахаристости, наоборот, доля вклада МС-тестера значительно выше, чем опылителя (83,66 и 15,48 % соответственно), а дисперсия взаимодействия этих факторов в два раза ниже (0,29 %), чем дисперсия ошибок (0,57 %).

Доля вклада МС-тестера (фактор А) в дисперсию признака «сбор сахара» составляет 86,67 %, а фактора В (опылитель) – 10,93 %. Дисперсия взаимодействия факторов больше дисперсии ошибок, что свидетельствует о разной реакции МС-тестера на опылитель.

Проведенный нами двухфакторный дисперсионный анализ урожайности, сахаристости и сбора сахара позволил выявить долю влияния факторов на указанные признаки, выявить лучшие тестеры и лучшие линии-опылители. Преимущество той или иной комбинации проявлялось через гетерозис, который можно учесть. В нашем случае мы смогли учесть только конкурсный гетерозис. Для этого использовали формулу, которая приведена в разделе методики.

При расчете конкурсного гетерозиса показатели гибрида сравниваются с аналогичными показателями *sta*. В качестве *sta* был взят гибрид Кубанский МС 95, урожайность его составила 40,9 %, сбор сахара – 6,7 т. Результаты представлены в таблице 15.

Таблица 15 - Конкурентный гетерозис по урожайности корнеплодов у топкроссных ЦМС гибридов, %

♂ - Линия - опылитель	♀- ЦМС - тестер				Среднее по опылителям
	СК 4935	СК 4935 х 7994	СК 12171	СК 12173	
1	2	3	4	5	6
СКЛ 4738П96	19,5	6,1	16,1	5,1	11,7
СКЛ 8949П98	26,6	5,1	13,2	22,5	16,85
СКЛ 5121П96(99)	20,5	6,8	23,5	26,6	19,35
СКЛ 5063П96(61)	14,9	5,0	14,4	20,5	13,7
СКЛ 5049	3,9	2,9	11,0	16,1	8,47
СКЛ 4950	18,6	7,5	25,4	30,3	20,45
СКЛ 4995	16,9	0,7	13,9	22,7	13,55
СКЛ 21695	-3,6	1,7	3,9	3,2	8,5
СКЛ 19965	18,8	6,9	6,6	-5,4	6,72

1	2	3	4	5	6
СКЛ 10632	7,3	0,4	19,5	17,6	11,2
СКЛ 10182	3,9	0,4	14,9	12,9	8,02
СКЛ 9855	-0,5	5,5	18,1	19,8	10,72
Среднее по тестерам	12,2	4,08	15,04	18,4	

Анализ данных этой таблицы подтверждает сделанное ранее заключение, что роль тестеров не одинакова в формировании урожайности гибридов. Лучшим является тестер СК 12173. Средняя (по 12 линиям) величина гетерозиса составила 18,4 %, второе место у тестера СК 12171 – 15,04 %, третье – у СК 4935 (12,2 %). Самый низкий гетерозис зафиксирован, когда в качестве тестера была использована линия СК 4935 x 7994 (4,08 %).

Пределы варьирования конкурсного гетерозиса различны, как в зависимости от тестера, так и от опылителя. При использовании лучшего тестера (в нашем случае это СК 12173) гетерозис составил от 5,7 до 30,3 %.

Худшие результаты получены при использовании линий СКЛ 19965, лучшие – от скрещивания с линией СКЛ 4950.

Меньший размах варьирования конкурсного гетерозиса отмечен при использовании тестера СК 12171 (3,9-25,4 %).

Как свидетельствуют данные таблицы 18, при использовании в скрещиваниях тестера СК 4935 конкурсный гетерозис варьировал от -3,6 до +26,6 %. Лучший результат здесь был получен при участии линии СКЛ 8949П98. В трех других случаях наиболее высокий гетерозис был в комбинациях с использованием линии СКЛ 4950 (опылитель). Для определения возможности использования этого опылителя в дальнейших скрещиваниях необходимо обратить внимание на варьирование гетерозиса у гибридов, полученных с участием других трех тестеров. Оказалось, что в этих случаях гетерозис был разным, но самым высоким для данного набора линий (30,3; 25,4 и 7,5%) второе место стабильно занимала линия-опылитель СКЛ 5121П96(99). Гетерозис по урожайности с ее участием варьировал от 26,6

до 6,8 %, а среднее значение по четырем тестерам оказалось равным 19,35 %. На третьем месте оказалась линия-опылитель СКЛ 8949П98 со средним значением величины гетерозиса с четырьмя тестерами 16,85 %.

Низкие результаты (гетерозис 6,72 %) получены с участием опылителя СКЛ 19965. Эта информация характеризует ОКС изучаемых линий.

В таблице 16 представлены данные, характеризующие линии-опылители и тестеры по проявлению гетерозиса по сахаристости.

Данные свидетельствуют, что у гибридов, полученных с участием всех четырех тестеров, отмечен отрицательный гетерозис по сахаристости, но частота встречаемости таких случаев различна. Так, при использовании тестера СКЛ 4935 из 12 гибридов у 8 был отрицательный гетерозис по сахаристости, а при скрещивании с тестером 4935x7994 – у одиннадцати. Ситуация несколько улучшилась, когда в скрещивании вовлекались другие МС тестеры – 12171 и 12173. Частота отрицательного гетерозиса снижается до четырех и трех случаев соответственно. В среднем по этим двум тестерам конкурсный гетерозис был положительный, хотя процент его был не высокий.

Таблица 16 - Конкурсный гетерозис по сахаристости корнеплодов у топкроссных ЦМС – гибридов, %

♂ - Линия - опылитель	♀- ЦМС - тестер				Среднее по опылителям
	СК 4935	СК 4935 x 7994	СК 12171	СК 12173	
1	2	3	4	5	6
СКЛ 4738П96	-1,06	-3,51	2,92	1,16	-0,15
СКЛ 8949П98	-5,48	-7,01	-1,16	-1,16	-3,21
СКЛ 5121П96(99)	-2,92	-7,01	-3,51	-3,51	-4,24
СКЛ 5063П96(61)	-0,58	-2,92	-1,16	0	-1,16
СКЛ 5049	-1,75	-2,34	-0,58	4,15	-0,10
СКЛ 4950	-1,75	-0,58	3,51	2,34	0,88
СКЛ 4995	-1,75	-1,16	0	0	-0,72

1	2	3	4	5	6
СКЛ 21695	1,16	-3,51	1,75	3,51	0,73
СКЛ 19965	0	-2,92	-6,43	1,75	1,31
СКЛ 10632	-1,75	-1,16	-1,16	0,58	-1,16
СКЛ 10182	5,26	1,75	7,02	5,84	4,97
СКЛ 9855	1,75	-2,34	3,5	7,60	2,63
Среднее по тестерам	-0,77	-2,72	1,65	1,75	

Представленные данные свидетельствуют и о том, что не маловажная роль в этом принадлежит и линиям-опылителям. В среднем по четырем тестерам положительный гетерозис зафиксирован в пяти случаях: с линиями 4950, 19965, 10182 и 9855. Самая высокая степень выраженности данного признака (4,94 %) у гибридов, полученных с участием линии 10182, когда положительный гетерозис проявлялся со всеми тестерами, но в меньшей степени с участием тестера 4935 x 7994 (1,75 %).

Эти данные характеризуют линии-опылители и тестеры данной генотипической группы по общей комбинационной способности.

Это подтверждается и тем, что самое высокое значение гетерозиса по сахаристости зафиксировано у гибридов, полученных с участием либо разных линий-опылителей, либо разных МС-тестеров. Так, первое место (7,6 %) у гибрида от скрещивания ♀СК 12173 x ♂СКЛ 9855, второе (7,02 %) – у ♀СК 12171 x ♂СКЛ 10182, третье (6,43 %) – у ♀СК 12171 x ♂СКЛ 19965. Учитывая степень выраженности конкурсного гетерозиса по урожайности и сахаристости, убеждаемся в том, что высокие значения одного и другого признака не всегда совпадают. Линия-опылитель СКЛ 4950 выделилась хорошей комбинационной способностью по урожайности, а линия СКЛ 10182 – сахаристости. Динамика конкурсного гетерозиса по урожайности и сахаристости зависела не только от опылителя, но и от тестера. У тесткроссных гибридов от тестера СК 12171 гетерозис по урожайности сопровождался и по сахаристости.

У гибридов с тестером СК 12173 и опылителем СКЛ 10182 снижение гетерозиса по урожайности сопровождалось снижением его и по сахаристости, а с опылителем СКЛ 4950, наоборот, гетерозис по урожайности повышался, а по сахаристости снижался. Худшие результаты по этим признакам у гибридов с тестером СК 4935 x 7994. Гибриды с тестером СК 4935 занимали промежуточное положение. Из изложенного выше материала следует, что о комбинационной способности скрещиваемых форм косвенно можно судить по целому ряду критериев. Поскольку оценка комбинационной способности линий осуществлялась в тестскрещиваниях, было взято четыре тестера, что придает большую убедительность полученным данным. В таблице 17 представлены результаты изучения комбинационной способности линий-опылителей в среднем по четырем тестерам по урожайности корнеплодов и сахаристости.

Таблица 17 - Вариабельность показателей комбинационной способности линий-опылителей по урожайности и сахаристости

Опылитель	Урожайность,				Сахаристость,			
	т/га	% от сред. по опыту	% от st	ОКС	%	% от сред. по опыту	% от st	ОКС
СКЛ 4738П96	46,6	101	114	хор.	17,1	100	100	низ.
СКЛ 8949П98	48,5	105	118	хор.	16,5	96	96	низ.
СКЛ 5121П96(99)	49,8	107	122	выс.	16,4	96	96	низ.
СКЛ 5063П96(61)	47,3	102	116	хор.	16,9	99	99	низ.
СКЛ 5049	44,8	97	109	сред.	17,1	100	100	низ.
СКЛ 4950	50,4	109	123	выс.	17,3	101	101	сред.
СКЛ 4995	46,6	101	114	хор.	16,9	99	99	низ.
СКЛ 21695	41,0	88	100	низ.	17,2	100	100	низ.
СКЛ 19965	44,7	96	109	сред.	17,3	101	101	сред.
СКЛ 10632	45,5	98	111	хор.	16,9	99	99	низ.
СКЛ 10182	44,2	95	108	сред.	18,1	106	106	сред.
СКЛ 9855	46,2	100	113	хор.	17,8	104	104	сред.
НСР <sub>05</sub>	1,26				1,23			

*Примечание:* урожайность st Кубанский МС 95 – 40,9 т/га, сахаристость – 17,1 %.

Оценка ОКС осуществлена по шкале, которая приведена в разделе «Материал, методы и условия проведения исследований» наилучший гетерозис по урожайности проявился у гибридов с участием опылителя 4950 (50,4 т/га). Второе место у гибридов с линией 5121П96(99) и третьей – у гибрида с линией 8949П98. Определение урожайности в % к среднему по опыту и в % к st подтверждает рейтинг этих гибридов. ОКС этих опылителей определена как высокая и хорошая соответственно. С хорошей комбинационной способностью были также пять линий, три линии со средней и одна (21695) с низкой ОКС.

По сахаристости из двенадцати линий – опылителей лишь в четырех случаях отмечено среднее значение ОКС, а в остальных – низкое. Лучшие, по данному признаку, линии с номерами: 4950, 19965, 10182 и 9855.

Результаты значений ОКС тестеров представлены в таблице 18.

Таблица 18 - Варьирование показателей комбинационной способности МС-тестеров по урожайности и сахаристости

Опылитель	Урожайность,				Сахаристость,			
	т/га	% от среднего по опыту	% от st	ОКС	%	% от среднего по опыту	% от st	ОКС
СК 4935	45,5	99	112	хор.	16,9	99	99	низ.
СК 4935 x 7994	44,9	97	110	сред.	16,8	99	99	низ.
СК 12171	47,0	102	115	хор.	17,4	102	102	сред.
СК 21173	47,2	102	115	хор.	17,4	102	102	сред.

Приведенные в таблице 18 данные больше характеризуют ОКС МС-тестеров. Лучшие результаты, как по урожайности, так и по сахаристости получены с участием тестеров с каталожными номерами СК 12171 и СК 12173. Их ОКС по урожайности оценена хорошая, а по сахаристости как средняя. У тестера с каталожным номером СК 4935 ОКС по урожайности оценена как хорошая, но по сахаристости как низкая. Самые низкие значения при оценке

ОКС были у тестера СК 4935 x 7994. Результаты оценки подтверждены дисперсионным анализом.

Анализ результатов данного подраздела позволяет высказать предположение, что дальнейший прогресс в селекции сахарной свеклы на гетерозис будет связан с интенсификацией работ по созданию исходного материала. Еще ранние работы, проведенные по кукурузе, позволили установить четкую взаимосвязь между гетерозисом по урожаю зерна и генетическим разнообразием скрещиваемых форм. Была показана целесообразность скрещивания менее родственных самоопыленных линий.

В связи с использованием в практической селекции ограниченного числа элитных линий, вполне актуальна была сравнительная оценка их селекционных параметров (как модельных вариантов).

Гибриды, полученные с участием разных опылителей, были включены в конкурсное сортоиспытание, где изучались в течение ряда лет. Данные представлены в таблице 19.

Таблица 19 - Продуктивность экспериментальных гибридов сахарной свеклы с участием разных линий – опылителей

Гибрид-опылитель	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	В процентах к st		
				урожайность	сахаристость	сбор сахара
1	2	3	4	5	6	7
Кубанский МС 95, st	40,9	17,1	7,0	100	100	100
СКЛ 4738П96	48,9	16,9	8,3	119	99	118
СКЛ 8949П98	51,8	16,1	8,3	128	94	118
СКЛ 5121П96(99)	47,5	17,3	8,2	116	101	117

1	2	3	4	5	6	7
СКЛ 5063П96(61)	49,5	17,7	8,8	121	104	126
СКЛ 5049	45,4	17,0	7,7	111	99	110
СКЛ 4950	43,3	17,5	7,6	106	102	109
СКЛ 4995	44,2	17,1	7,6	108	100	109
СКЛ21695	44,0	17,4	7,6	108	102	109
СКЛ 10632	42,5	17,9	8,2	111	105	117
СКЛ19965	45,6	18,2	7,7	104	106	110
СКЛ10632	48,9	17,7	8,7	120	104	124
СКЛ10182	46,7	18,1	8,4	114	106	120
СКЛ 9855	41,4	18,2	7,5	101	106	107
НСР <sub>05</sub>	0,67	0,40	0,35			

По данным таблицы 19 превышение по урожайности варьировало, в зависимости от комбинации скрещивания от 0,9 до 6,2 т/га при  $НСР_{05}=0,52$ . Гибрид с участием линии-опылителя 5121П96(99) достоверно превосходил урожайность всех других гибридов. При попарном сравнении урожайности некоторых гибридов убеждаешься в том, что различия между ними не достоверны. К ним относятся гибриды с участием следующих опылителей: СКЛ 4738П96 и 9855; 4995 и 21695; 19965 и 10632; 10182 и 5063П96(61) и другие. Это важный аргумент в пользу генетической обусловленности данного признака.

По сахаристости прослеживается несколько иная закономерность. Достоверно уступает *st*u гибрид, полученный с опылителем 21695 (при  $НСР_{05}=0,39$  различие было 1,4 %). Семь гибридов (с сахаристостью 19,9-20,3%) были на уровне *st*a. Пять, из изученных гибридов, достоверно превышали *st*. Сахаристость у них варьировала от 20,4 до 21,5 %.

Сбор сахара – признак сложный, т.к. он зависит от сочетания урожайности корнеплодов разных гибридов и их сахаристости.

В условиях разных лет варьирование по урожайности отдельных изучаемых гибридов было более узким (39,1-45,3 т/га), но *st* достоверно

уступал всем гибридам (таблица 20). Лучшие результаты по урожайности получены с участием линий СКЛ 5121П96(99), СКЛ 4995 и СКЛ 21695 (45,3; 43,3 и 43,6 т/га соответственно).

Таблица 20 - Продуктивность экспериментальных гибридов сахарной свеклы по данным конкурсного сортоиспытания

Гибрид-опылитель	Урожай- ность, т/га	Сахарис- тость, %	Сбор сахара, т/га	В процентах к st		
				урожай- ность	сахарис- тость	сбор сахара
Кубанский МС 95, st	39,1	19,9	7,8	100	100	100
СКЛ 4738П96	42,9	19,9	8,5	110	100	109
СКЛ 8949П98	40,2	20,3	8,2	103	102	105
СКЛ 5121П96(99)	45,3	20,6	9,3	116	104	119
СКЛ 5063П96(61)	41,0	19,7	8,1	105	99	104
СКЛ 5049	42,1	20,4	8,6	108	103	110
СКЛ 4950	42,6	20,6	8,8	109	104	113
СКЛ 4995	43,3	20,3	8,8	111	102	113
СКЛ21695	43,6	18,5	8,1	112	93	104
СКЛ 10632	40,6	20,2	8,1	106	101	106
СКЛ19965	41,5	20,1	8,3	102	102	104
СКЛ10632	41,6	21,5	9,0	106	108	115
СКЛ10182	41,3	21,2	8,8	106	107	113
СКЛ 9855	42,7	19,7	7,5	109	99	96
НСР <sub>05</sub>	0,52	0,39	0,40			

По сахаристости размах варьирования в разные годы был шире и находился в пределах 18,5-21,5 %. Можно отметить, что в условиях конкретного года были выше нижний и верхний уровни сахаристости, а по урожайности, наоборот, ниже.

Сбор сахара, как отмечалось выше, зависит от урожайности и сахаристости корнеплодов. Из результатов таблицы 20 видно, что наиболее благоприятное сочетание этих слагаемых зафиксировано у гибридов с участием опылителей СКЛ 5121П96(99), СКЛ 10632, СКЛ 10632, СКЛ 4950,

СКЛ 4995 и СКЛ 10182 (сбор сахара у них составил 9,3; 9,0; 8,8; 8,8 и 8,8 т/га соответственно).

Судя по результатам исследований роль урожайности и сахаристости в сборе сахара не остается постоянной. С повышением урожайности сахаристость падает, а повышенная сахаристость характерна для гибридов с не самой высокой урожайностью. В среднем можно выделить гибриды с наиболее оптимальным сочетанием этих признаков. Это гибридные комбинации с участием опылителей СКЛ 5121П96(99), СКЛ 10632 и СКЛ 10182.

В целом результаты анализа свидетельствуют, что на проявление признаков продуктивности гибридов оказывают влияние их генотип и условия выращивания.

### **3.3 Тестирование линий и гибридов сахарной свеклы на ранних этапах онтогенеза**

Создаваемые гибриды сахарной свеклы должны отвечать ряду требований, главные из которых – высокие урожайность, сахаристость, технологические качества, а также пригодность к механизированному возделыванию и уборке, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам [215].

Перечисленные признаки генетически детерминированы, однако, реализация их происходит на физиологическом уровне в процессе тесного взаимодействия генотипа со средой. По особенностям роста и развития на ранних этапах онтогенеза можно определить способность организма использовать внешние условия и прогнозировать уровень продуктивности.

Таким образом, генетически обусловленный уровень устойчивости – это потенциальная возможность гибрида адаптироваться к экстремальным условиям. В обычных условиях эта возможность остается не реализованной и потому уровень устойчивости гибрида не может быть выявлен. Для его

выявления необходимо наличие экстремальных условий достаточной напряженности и длительности [183, 223, 240].

В связи с этим разработка и применение физиологических способов тестирования селекционных материалов в наших исследованиях принято крайне необходимым при ускоренной реализации селекционных программ и в процессе совершенствования приемов сортовой агротехники.

Сочетание почвенно-погодных условий в различных экологических пунктах и в разные годы нередко складываются неблагоприятно для сахарной свеклы. Что приводит к снижению урожайности и даже гибели посевов. Поэтому в процессе селекции новых гибридов особое внимание должно уделяться оценке степени устойчивости их к экстремальным условиям (засухо-, холодо-, гербицидоустойчивости и т.д.). Все это приводит к необходимости иметь соответствующие методы оценки устойчивости растений.

Устойчивость форм сахарной свеклы к неблагоприятным условиям среды обычно характеризуется тем, насколько изменяется продуктивность их под влиянием этих условий. Поэтому количественной мерой устойчивости является степень снижения продуктивности данной формы в экстремальных условиях по сравнению с продуктивностью ее на оптимальном фоне.

Как показали исследования со злаковыми культурами, различия по степени устойчивости сохраняются при разной выраженности экстремального фактора. Благодаря этому имеются объективные основания для определения уровня устойчивости гибридов и принадлежности их к той или иной группе устойчивости (высокой, средней, низкой).

Обычно степень устойчивости разных форм оценивают в полевых условиях, что очень трудоемко и требует много времени.

Опыт работы по оценке устойчивости зерновых культур, проводимой во Всероссийском институте растениеводства (ВИР) показывает, что достаточно отработанные лабораторные методы позволяют в разы сократить время, трудоемкость работ и повысить достоверность получаемых результатов.

Для того чтобы лабораторный способ оценки можно было применять в селекционной практике, он должен удовлетворять следующим требованиям:

- быть достоверным, т.е. четко дифференцировать формы по группам устойчивости и коррелировать с результатами прямой оценки;
- быть производительным, простым, без сложной специальной аппаратуры, в основе метода должны лежать количественные меры учета;
- позволять после проведения оценки сохранять растения живыми для отбора желаемых генотипов и получения семян.

Большинство гибридов сахарной свеклы, включенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ, характеризуются недостаточной устойчивостью к неблагоприятным факторам среды и, в частности, к гербицидам.

Даже временное подавление ростовых процессов как результат гербицидного воздействия, может быть одной из причин снижения урожайности и качественных показателей гибридов сахарной свеклы.

Гербициды, применяемые в свекловодстве, несмотря на соблюдение регламента их применения, при определенных погодных условиях, могут оказывать существенное негативное воздействие на рост и развитие растений сахарной свеклы [19, 83, 116].

Такое их влияние на сахарную свеклу предполагает поиск научно обоснованных приемов, направленных на повышение устойчивости гибридов с целью более полной реализации их генетического потенциала. В практических целях важна короткая по времени продолжительность перехода растений, обработанных гербицидами, к активному росту.

Однако до настоящего времени вопросы, связанные с разработкой надежных способов оценки различных форм свеклы по устойчивости, остаются недостаточно изученными.

Разными авторами в различное время проводились исследования и предлагались те или иные модификации диагностики сравнительной устойчивости сортов различных культур по прорастанию семян. Сведения по

оценке устойчивости форм сахарной свеклы с помощью проращивания семян носят отрывочный характер и проводились на сортах и гибридах, которые сняты с производства [130, 156].

До настоящего времени способы диагностики не являлись результатом специальных исследований, а возникали побочно при изучении явления устойчивости.

Более 10 лет в ФГБНУ Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свеклы в специальных опытах для оценки генетически обусловленной устойчивости используется способ проращивания семян разных форм (линии, родительские компоненты скрещивания и первое поколение гибридов) в шкафах-термостатах в водных растворах гербицида бетанальной группы Бурфен ФД-11 с концентрацией 3,0; 5,0 т 7,0 мл/л. В контрольном варианте семена проращиваются в водной среде по ГОСТ 22617.2-94. Наиболее приемлемым дифференцирующим фоном для проращивания установлена концентрация раствора 5,0 мл/л.

В исследовании изучена реакция гибридов и их родительских форм по характеру прорастания семян в растворах гербицидов; разработан быстрый и надежный способ оценки различных форм сахарной свеклы по устойчивости к гербицидам и отобраны устойчивые формы и их размножение.

В отдельных случаях, для более наглядного сравнения данных анализ проводился не только по абсолютным цифрам (% живых растений, длина проростков), но и ранжирование изучаемых форм, по убывающему значению признака, объединяя их в группы устойчивости. При градации признака по группам устойчивости за основу принималась общая реакция форм на дифференцирующий стресс-фон (таблицы 21-24). Семена всех изучаемых форм проращивались в одни и те же сроки.

Таблица 21 - Влияние гербицидного стресс-фона на длину ростка и всхожесть семян гибридов сахарной свеклы, 2015 г.

Гибрид, F <sub>1</sub>	Контроль, проращивание по ГОСТу		Проращивание семян в растворе гербицида, концентрация 5 мл/л			
			длина ростка,		всхожесть,	
	длина, мм	всхож., %	мм	в % к контр.	%	в % к контр.
Кубанский МС 92	65	85	2,0	3,1	48	56
Кубанский МС 95	61	84	2,5	4,1	47	55
Успех	58	90	3,0	5,2	44	49
Вектор	60	90	4,0	6,7	50	55
Луч	66	86	3,0	4,5	46	53
Крета, иностраный аналог	46	65	2,5	5,4	61	64
Атаманша, иностраный аналог	48	96	3,0	6,2	60	62
Среднее по опыту	58	89	3,0	5,0	5156	56

*Примечание:* семена поставлены на проращивание 15 ноября, учеты проведены 25 ноября

Таблица 22 - Влияние гербицидного стресс-фона на длину ростка и всхожесть семян МС форм сахарной свеклы

Линия, родительская форма	Контроль, проращивание по ГОСТу		Проращивание семян в растворе гербицида, концентрация 5 мл/л			
			длина ростка,		всхожесть,	
	длина, мм	всхож., %	мм	в % к контр.	%	в % к контр.
СК МС 4935	71	81	2,5	43	43	53
СК МС 12169	57	89	3,4	48	48	54
СК МС 12173	60	80	2,8	40	40	50
СК МС 12171	69	86	2,8	36	36	42
Среднее по опыту	64	84	2,9	42	42	50
Атаманша, иностраный аналог	48	96	3,0	60	60	62

*Примечание:* семена поставлены на проращивание 15 ноября, учеты проведены 25 ноября

Таблица 23 - Влияние гербицидного стресс-фона на длину ростка и всхожесть семян линий – закрепителей стерильности сахарной свеклы

Линия, родительская форма	Контроль, проращивание по ГОСТу		Проращивание семян в растворе гербицида, концентрация 5 мл/л			
			длина ростка,		всхожесть,	
	длина, мм	всхожесть, %	мм	в % к контр.	%	в % к контр.
СКЛ 4936, О тип	68	76	1,6	2,3	35	46
СКЛ 12122, О тип	57	83	2,3	4,0	33	39
СКЛ 12126, О тип	63	80	2,4	3,8	42	52
СКЛ 12127, О тип	61	85	2,5	4,1	37	43
Среднее по опыту	62	81	2,4	3,5	37	45
Атаманша, иностраннный аналог	48	96	3,0	6,2	60	62

*Примечание:* семена поставлены на проращивание 15 ноября, учеты проведены 25 ноября

Таблица 24 - Влияние гербицидного стресс-фона на длину ростка и всхожесть семян линий-опылителей сахарной свеклы

Линия, родительская форма	Контроль, проращивание по ГОСТу		Проращивание семян в растворе гербицида, концентрация 5 мл/л			
			длина ростка,		всхожесть,	
	длина, мм	всхожесть, %	мм	в % к контр.	%	в % к контр.
СКЛ 5121, опылитель	56	98	4,5	8,0	56	57
СКЛ 10183, опылитель	53	88	3,6	6,8	50	56
СКЛ 4977x5050, опылитель	58	92	2,8	4,8	55	60
СКЛ 10182, опылитель	52	94	4,5	8,6	61	64
СКЛ 5063, опылитель	66	94	3,5	5,3	64	68
СКЛ 10632, опылитель	58	95	3,0	5,2	60	63
Среднее по опыту	57	93	3,6	6,4	58	61
Атаманша, иностраннный аналог	48	96	3,0	6,2	60	62

*Примечание:* семена поставлены на проращивание 15 ноября, учеты проведены 25 ноября

В упрощенной форме изучаемые селекционные материалы разделялись на 3 группы устойчивости с шириной классового интервала 5-10 %, например:

- высокоустойчивые 51-60 % живых растений;
- среднеустойчивые 41-50 % живых растений;
- слабоустойчивые 31- 40 % живых растений.

Для изучения в последующих поколениях на стрессовом фоне отбирались 5-10 % наиболее развитых проростков, которые высаживались в торфо-перегнойные горшочки с целью выращивания корнеплодов-штеклингов и получения семян.

Оценка устойчивости по всхожести семян на стресс-фоне совпадала с оценкой устойчивости в полевых условиях на 75 % и более. Это дает основание рекомендовать способ для массовой предварительной оценки коммерческих гибридов, коллекционных и других селекционных материалов на гербицидоустойчивость. Так были ускоренно созданы гибриды Азимут, Рубин, Карат и Первомайский.

Предлагаемый способ можно использовать независимо от сезона года. Он позволяет быстро оценивать значительное число образцов, технически прост, отличается малой трудоемкостью, позволяет отбраковать неперспективные по устойчивости формы и сохранить растения для получения семенного материала. Один лаборант за рабочее время может заложить на проращивание 20-25 образцов семян.

Описанный способ предложен для использования в селекционной и семеноводческой работе с различными формами свеклы – односемянной, многосемянной, диплоидной, фертильной и стерильной по пыльце, а также при создании линейных материалов.

### **3.4 Создание биотехнологических линий и гибридов сахарной свеклы**

В комплексе мероприятий, направленных на повышение рентабельности производства сахарной свеклы особое внимание, наряду с совершенствованием приемов агротехники, должно уделяться созданию и внедрению в производство новых высокопродуктивных гибридов устойчивых к гербицидам и болезням. Такие гибриды позволят значительно уменьшить гербицидную нагрузку (пул) в процессе вегетации сахарной свеклы, снизить затраты на ее выращивание, сократить вредное воздействие пестицидов на окружающую среду и здоровье человека.

В России 24 апреля 2012 года была принята Комплексная Программа исследований по биотехнологии № 1853п – П8. В том же году на Первомайской селекционно-опытной станции сахарной свеклы, в связи с отсутствием специальной лаборатории генной инженерии, началось изучение возможности получения таких гибридов методами классической селекции, главными из которых являются скрещивание гетерозиготных форм, толерантных к глифосату (образцы неизвестного происхождения) с линиями кубанской селекции с целью получения отечественных линий - доноров толерантности к глифосату.

С 2014 года исследования проводятся по Государственному заданию «Создать принципиально новые формы сахарной свеклы, устойчивые к гербицидам, на основе изучения гетерозиготных материалов сахарной свеклы» (Гос. задание № 0693 – 2014 – 0002). Основой данного проекта является улучшение генотипа и создание константных линий - доноров устойчивости к глифосату, с последующим использованием их в качестве компонентов МС-гибридов, обладающих новыми хозяйственно ценными признаками, и производство гибридных семян.

Производству стали нужны новые формы свеклы, позволяющие сократить объемы применяемых гербицидов, существенно сократить затраты

на защиту свеклы от сорных растений и, таким образом, свести к минимуму вред гербицидов для окружающей среды и здоровья человека. Детальное изучение литературы и многолетняя селекционная практика показывают, за более чем двухсотлетнюю деятельность селекционерам – свекловодам удалось вывести сначала сорта, а затем и гибриды, достаточно устойчивые (толерантные) к болезням, отзывчивые на удобрения, менее цветущие, решить ряд других сложных селекционно – генетических проблем (раздельноплодность, стерильность, содержание гибридной фракции и т.д.). Но при этом никогда не ставилась задача создать формы, устойчивые к гербицидам. Да и методов таких не было. Лишь с разработкой приемов генной инженерии стало возможным создавать биотехнологические гибриды сахарной свеклы [149, 150, 176].

Начавшись в 80-х годах минувшего века, биотехнология быстро развивалась, а к концу второго тысячелетия генная инженерия, как инструмент биотехнологии, стала наиболее эффективным приемом создания новых исходных материалов, по сути – надежным методом селекционеров, пришедшим на смену различным вариантам неуправляемой индуцированной мутации (химической, радиационной и т.п.). Но она никогда не подменяла традиционные (классические) приемы селекции и явилась лишь дополнительным источником создания новых исходных материалов, практическая ценность которых определяется теми же методами отбора, самоопыления и гибридизации.

Значение биотехнологии многократно подчеркивал в своих трудах старейший ученый, Лауреат Нобелевской премии Норман Эрнест Борлоуг. В докладе на Международной конференции «Семена возможностей: перспективы сельскохозяйственной биотехнологии» (Лондон, 2001 г.) он отмечал: «Почти все наши традиционные продукты питания представляют собой результат естественных мутаций и генетической трансформации, которые служат движущими силами эволюции. Не будь этих основополагающих процессов, мы все еще барахтались бы в донных осадках первобытного океана» [21].

Он напомнил, что пшеница приобрела свои современные качества в результате необычных, но вполне естественных, природных скрещиваний между различными видами трав, а сегодняшний пшеничный хлеб – результат комбинации трех растительных геномов. В этом смысле пшеничный хлеб следовало бы отнести к трансгенным или генетически модифицированным (ГМ) продуктам. Еще один результат трансгенной гибридизации – современная кукуруза, появившаяся, скорее всего, благодаря скрещиванию видов *Teosinte* и *Tripsacum* (трипсакум - древний аллополиплоид). По мнению Н. Борлоуга *«на протяжении последних ста лет ученые смогли применить свои резко расширившиеся познания в генетике, селекции, физиологии растений и других дисциплинах для того, чтобы ускорить процесс совмещения высокой урожайности с высокой устойчивостью... к различным стрессам»*.

Потребовалось свыше двухсот лет и несколько поколений селекционеров, чтобы, в порядке эстафеты, непрерывно совершенствовать и передавать свои знания и опыт с тем, чтобы сначала создавать сорта-популяции, а затем отказаться от них и перейти к межлинейным гибридам, наиболее полно отвечающим требованиям земледельцев-свекловодов.

К этим требованиям, прежде всего, относятся:

- высокая продуктивность, уровень которой зависит от генотипа компонентов и комплекса внешних факторов;
- высокое качество корнеплодов и семян;
- минимальные затраты на выращивание (услуги, оборудование, транспорт и др.) в сочетании с минимальным риском для экологии и здоровья человека;
- контроль сорных растений, вредителей и болезней, определяющих продуктивность и значительно влияющих на культуру земледелия;
- схема и технология семеноводства, обеспечивающие высокую рентабельность в процессе массового воспроизводства гибридных семян.

Как известно, всего треть века назад появились первые генетически модифицированные растения, наследственно измененные с помощью генной инженерии методом целенаправленных индуцированных мутаций и с этого времени, началось всестороннее изучение новых генотипов, прежде всего, на безопасность для экологии и здоровья человека (рентабельность на первых порах во внимание не принималась).

Началась массовая проверка (мониторинг) генетически модифицированных форм растений. В итоге, как отмечалось в докладе Директората Европейской комиссии по науке и информации, тщательными опытами более чем 130 научных учреждений, с участием свыше 500 независимых исследовательских групп, было доказано, что биотехнология и ее продукты, в частности, созданные с использованием генной инженерии сорта и гибриды, рекомендованные для производства и потребления, не более опасны, чем обычные сорта и гибриды, полученные традиционными селекционными методами. Об этом свидетельствуют доклады и решения ВОЗ, ФАО, НАН США и Еврокомиссии.

Пока в нашей стране, начиная с 90-х годов, велись подобные дискуссии и издавались законы, регулирующие и лицензирующие генно-инженерную деятельность, в США, Канаде, Китае, ФРГ, Японии и других странах к тому времени уже активно осваивали генную инженерию, как метод создания нового исходного материала. Распространение новых трансгенных сортов и гибридов различных культур шло очень быстрыми темпами. Так, в 1998 г. американские селекционеры провели первые полевые опыты с сахарной свеклой, в 2005 г. зарегистрировали, а в 2007 г. в штате Вайоминг для коммерческих целей посеяли на площади 1000 акров семена рентабельного для выращивания гибрида сахарной свеклы «Событие H7-1 RR», толерантного к обработке Раундапом (д.в. – глифосат).

Гибриды свеклы позволили разработать и применить рентабельную технологию не только в селекции и семеноводстве, но и на фабричных посевах. В странах, перешедших на использование этих форм в коммерческих

посевах затраты на покупку гербицидов значительно сократились, уменьшилось число обработок и расходы на услуги по их внесению (топливо, заработная плата, амортизация и др.). А, главное, – биотехнология позволила уменьшить экологические риски по отношению к полезным насекомым и, в целом, к животному миру, сделать более рентабельным процесс возделывания сахарной свеклы за счет исключения ряда технологических операций.

В настоящее время в разных странах мира возделываются биотехнологические гибриды сельскохозяйственных культур: соя, пшеница, кукуруза, сахарная свекла, подсолнечник, рапс и другие на площади более 200 млн. га, в основе создания которых лежит сочетание биотехнологических приемов и классической селекции.

В нашей стране задания по генной инженерии впервые были отражены в 2012 г. в Комплексной программе развития биотехнологий на период до 2020 г. «БИО-2020», которая была ориентирована на стабильное развитие сельскохозяйственного производства, решение проблемы продовольственной безопасности, получение высококачественных, экологически чистых продуктов питания. В области растениеводства наиболее приоритетным направлением признавалось создание новых гибридов сахарной свеклы, в том числе с использованием генной инженерии.

Программа «БИО-2020» была воспринята как начало реального перехода к новому этапу селекции этой культуры и ликвидации отставания отечественной селекции от мировой науки, и практики. Внимание генетиков и селекционеров обращалось на то, что в Российской Федерации практически не создаются сорта и гибриды нового поколения, устойчивые к засухе, болезням, гербицидам, насекомым-вредителям и неблагоприятным условиям среды, с использованием постгеномных технологий и генетической инженерии, которые все шире используются во всем мире. В области растениеводства наиболее приоритетным направлением признавалось создание новых гибридов сахарной свеклы, в том числе с использованием генной инженерии.

При создании новых гибридов сахарной свеклы, толерантных к гербицидам, к бактериальным и вирусным заболеваниям учитывались ряд положений:

Напоминанием о необходимости выполнения программы стало принятое 18 июля 2013г. за №1247-р распоряжение Правительства РФ, которым утверждался план мероприятий («Дорожная карта») под названием «Развитие биотехнологий и генной инженерии» на основе указанной выше программы «БИО-2020». В связи с разработкой «Дорожной карты» в области генной инженерии планировалось в определенные сроки подготовить нормативные правовые акты по следующим положениям:

- утверждение порядка государственной регистрации генно-инженерно-модифицированных организмов и продукции с их применением;
- утверждение общероссийского классификатора генных модификаций;
- утверждение форм свидетельства о государственной регистрации генно-инженерно-модифицированных организмов и продукции с их применением;
- создание генетически измененных организмов с использованием современных методик, что является главной проблемой и наиболее важным пунктом.

Во исполнение двух предыдущих постановлений в сентябре 2013 г. Правительство РФ было принято Постановление № 839 «О государственной регистрации генно-инженерно-модифицированных организмов, предназначенных для выпуска в окружающую среду, а также продукции, полученной с применением таких организмов или содержащей такие организмы». К Постановлению были приложены правила государственной регистрации этих видов продукции, включая сорта и гибриды, обозначены федеральные органы, ответственные за исполнение тех или иных форм регистрации. Так, государственную регистрацию модифицированных сортов и гибридов, предназначенных для разведения и выращивания на территории Российской Федерации, осуществляет Федеральная служба по ветеринарному

и фитосанитарному надзору. Как известно, эта служба (Россельхознадзор) находится в ведении Министерства сельского хозяйства, в том числе в области карантина и защиты растений, защиты селекционных достижений и др.

Как известно, самый большой урон продуктивности большинству полевых культур, в том числе и сахарной свекле, наносят сорняки. Они, в конкурентной борьбе за почвенное питание, влагу и свет нередко снижают урожайность и сбор сахара свеклы до 25 и более процентов. Нередко сорняки не только приводят к значительным потерям величины и качества урожая, но и создают проблемы в процессе выращивания и уборки корнеплодов, уборки семенных растений и доведения до посевных кондиций вороха семян сахарной свеклы.

Сахарная свекла по сравнению с другими полевыми культурами особенно восприимчива к конкуренции со стороны сорных растений по сравнению с другими полевыми культурами. Многие виды сорняков превышают по высоте растения сахарной свеклы, затеняют посевы и, таким образом, агрессивно конкурируют за свет, воду и питательные вещества. Для контроля сорняков в 18-19 вв. был только один способ: ручная прополка. В XIX–XX вв. стали применять механическую прополку, а со второй половины 20 века, к ней экономически выгодную, но опасную для экологии химическую прополку (гербициды) для более полного уничтожения сорных растений [17, 210, 268, 277].

В наше время стратегия борьбы с сорняками включают в себя, главным образом, использование гербицидов, доля которых в XX веке возросла из года в год. К сожалению, их применение неизбежно связано с дополнительными финансовыми расходами, с рисками загрязнения окружающей среды, а, главное, с причинением вреда для здоровья животного мира и человека. Тем не менее, химическая прополка набирает темпы: разрабатываются новые препараты, возрастает число обработок, используются баковые смеси и т.д. При этом количество препаратов порой доходит до 8-10 наименований.

В связи с неизбежным увеличением массы используемых химикатов на единицу площади поля (т.н. «гербицидный пул») крайне злободневной стала проблема разработки методов, в том числе генетических и селекционных, которые позволяли бы за счет изменения сроков внесения не только снизить засоренность, но и сократить объем и кратность внесения химикатов, уменьшить затраты на их приобретение и внесение, свести к минимуму риски вредного действия и последствий гербицидов.

Решение важной задачи по контролю сорняков селекционеры до последнего времени видели лишь в ускорении энергии всхожести, в процессе роста и увеличения вегетативной и генеративной массы сахарной свеклы. Не многие из них задумывались над возможностью изменения генотипа свекловичного растения в направлении устойчивости к тем или иным гербицидам как средства сокращения объема внесения гербицидов и одновременно, повышения эффективности борьбы с сорняками, очищения полей от сорняков на весь период вегетации, снижения риска нанесения вреда экологии и здоровью человека, пока не стало ясно, что использование химикатов можно изменить в принципе. А между тем, сахарная свекла является идеальным объектом для генетической модификации, поскольку в главном производимом из нее продукте – сахаре – не содержится белка.

Ныне известные ученые биологи и общественные организации мира рассматривают использование методов генетической инженерии для создания трансгенных гибридов растений, устойчивых к глифосату, как неотъемлемую часть сельскохозяйственной биотехнологии и снижения риска здоровью человека. Прямой перенос генов, отвечающих за полезные признаки путем индуцированного мутагенеза, является естественным развитием работ по селекции растений. Сюда же можно отнести формирование толерантных к гербицидам и другим абиотическим и биотическим факторам линий (компонентов) отечественных гибридов сахарной свеклы. Все это расширяет возможности селекционеров по управлению процессом селекции, передачи полезных, но не присущих ранее признаков от одних видов к другим.

На протяжении двух веков селекционеры, а затем и генетики совершенствовали свекловичное растение по морфологии, форме корнеплода, урожайности, сахаристости, технологическим качествам, цветущности, иммунитету к болезням и т.д. Начиная с 80-х годов 20-го века стало развиваться новое научное направление – биотехнология, важнейший раздел современной биологии, один из ведущих приоритетов в мировой науке и экономике, позволяющий увеличить экономический эффект возделывания полевых культур. По прогнозам, уже в первой половине XXI века биотехнологическое сырье будет составлять четверть мировой продукции.

Сегодня особое значение придается созданию форм, обладающих толерантностью к конкретному гербициду. За последние два десятилетия, важным достижением ученых в области генетики и селекции сахарной свеклы стало создание высокорентабельных гибридов, обладающих толерантностью к глифосату – гербициду сплошного действия, наименее вредоносному для теплокровных и наиболее эффективно контролирующему засоренность посевов. Это событие стало возможным благодаря применению генной инженерии – селекционному инструменту, используемому для переноса фрагмента специфичной Ti-плазмиды (кольцевая молекула ДНК), устойчивой к глифосату, из клеток почвенной бактерии – *Agrobacterium tumefaciens*, в растительные клетки сахарной свеклы.

Подобные мутационные изменения происходят и в природных условиях, но очень редко и потому не использовались. Генная инженерия позволяет целенаправленно применять эту весьма сложную многоступенчатую и дорогостоящую «операцию». При удачном ее завершении, что не всегда так происходит, конечным результатом *на первом этапе становится создание новых исходных форм*, в частности, линий сахарной свеклы (компонентов гибридов), обладающих толерантностью, в обиходе – устойчивостью к глифосату. Многолетними исследованиями нами установлено, что такими формами могут быть многосемянные и односемянные линии, в том числе

опылители, линии О-типа (закрепители мужской стерильности) и их ЦМС-аналоги.

На втором этапе селекционная работа проводилась по определению хозяйственно полезной ценности генетически измененных толерантных линий и формированию с их участием на базе МС-линий комбинационно ценных компонентов гибридов, всестороннее испытание лучших из них. После тщательного изучения количественных и качественных показателей принималось решение об использовании наиболее продуктивных и рентабельных гибридов для коммерческих целей. Главное в селекционном процессе: выбрать правильное направление. Зарубежные компании давно отказались от попыток создавать гибриды на фертильной основе (по сути – популяции) и менее адаптивные двухлинейные МС-гибриды по схеме «МС-линия x ММ-опылитель». Еще с конца 20-го века они перешли на более гетерозиготные трех- или четырехлинейные МС-гибриды по схеме МС-F1 x ММ-F1 (МС-сингкросс x ММ-сингкросс).

Результаты наших исследований включают данные учетов и наблюдений отдельных основных, выборочно взятых, отчетов.

В связи с отсутствием лаборатории генной инженерии, на Первомайской СОС в целях создания отечественных толерантных к глифосату линий сахарной свеклы, с 2012 г. начали использовать традиционные методы селекции.

Результаты исследований включают данные учетов и наблюдений отдельных выборочно взятых опытов.

В таблице 25 представлены результаты тестирования наиболее ценных толерантных к глифосату форм сахарной свеклы.

Изучаемые формы в различной степени были толерантные к воздействию глифосата (от 48 до 100%) и нуждались в подтверждении своей устойчивости в последующих поколениях, так как определить среди них генотип MMRR и MMRr пока не представилось возможным.

Таблица 25 - Наиболее ценные толерантные ММ формы сахарной свеклы по признаку устойчивости к глифосату

Т-форма, ММRR, ММRr	Кат. номер	Устойчивость к глифосату, %				Получено	
		год				семян, г, шт.	корнепло- дов, шт.
		2012	2013	2014	2015		
Растение 2-94	301	48	93	97	90	105 г	186
-//- 3-99	306	69	99	95	95	75 г	134
-//- 3-128	314	-	93	98	95	12 г	66
Раст. Кр. 10	281	-	-	91	100	900 шт.	9
-//- Кр. 12	283	-	-	-*-	94	600 шт.	13
-//- Кр. 14	285	-	-	-*-	90	800 шт.	14
-//- Кр. 17	287	-	-	-*-	100	900 шт.	13
-//- Кр. 24	290	-*-	-	-*-	97	800 шт.	14
-//- Кр. 1	316	-	-	94	85	20 г	94
-//- Кр. 5	322	-	-	94	79	45 г	109
-//- Кр. 22	323	-	-	94	93	23 г	142
Контроль, гибрид Кубанский МС 95	-	0	0	0	0	-	-

*Примечание:* учеты проводились на 10-й день после опрыскивания глифосатом. Полную гибель сорняков (100 %) отмечали на 5-7 день после опрыскивания в зависимости от погодных условий.

В 2016 году было продолжено самоопыление или скрещивание их с обычными и частично толерантными МС-линиями с каталожными номерами 380 и 384 на пространственно - изолированных участках («клумбах»), а отдельные размножали при свободном переопылении в пределах участка («в чистоте»).

Таблица 26 - Толерантность (в %) к глифосату фертильных ММ-опылителей и мм МС-линий на пространственно-изолированных участках, 2016 г.

Т-форма	Каталож. номер	Толерантность на участках			
		№1	№2	№3	№4
ММ ТОп 2-94	301	75	-	-	-
мм ТМС	384	100	100	100	100
мм ТМС	380	100	-	100	100
ММ ТОп 3-99	306	-	-	94	-
ММ ТОп Кр. 22	323	-	-	-	100
Контроль, гибрид Кубанский МС 95		0	0	0	0

*Примечание:* 1. Учет по устойчивости проведен 4 мая 2016 года

2. Обозначения: а) ТОп – толерантный к глифосату опылитель ММ;

б) ТМС – толерантная к глифосату МС линия мм.

Так, на участке («клумбе») №2 размножали в большом объеме толерантную к глифосату мм ТМС-линию под номером 384. Гибридизацию с толерантными опылителями на пространственно - изолированных участках проводилась и с обычными (не устойчивыми к глифосату) стерильными формами МС 12171, МС 12173, МС 27038 и МС СЭС-1. Всего было получено 27 пробных (экспериментальных) МС гибридов с разной степенью устойчивости. Наиболее устойчивые из них (тестирование в лабораторных условиях) показаны в таблице 27.

Таблица 27 - Устойчивость к глифосату отдельных пробных МС гибридов, 2016 г.

Каталожный номер	Гибрид (или линия)	Устойчивость, %	Всхожесть, %	Масса семян, г
1	2	3	4	5
704	МС 12171 х ТОп ММ 3-99(к.н. 306)	93	88	478
705	МС 12173 х -//-	91	85	540
708	МС 27038 х -//-	90	84	520

1	2	3	4	5
709	МС СЭС-1 х -//-	86	89	717
710	ТМС 1-97 (линия)	99	87	407
712	МС 12171 х ТОп ММ Кр. р.№2	99	85	530
729	ТМС 1-97 х Оп ММ 6444	92	89	350
Контроль, гибрид Куб. МС 95 (МС х Оп ММ)		0	94	-

*Примечание:* Всхожесть семян пробных Т-гибридов показана после первичной очистки (предварительно).

Все пробные гибриды в 2017 году были протестированы в полевых условиях по признакам устойчивости к глифосату, церкоспорозу, урожайности, сахаристости и комбинационной способности.

На отдельных участках в условиях строгой изоляции продолжались исследования по созданию толерантных стерильных линий. Результаты тестирования их на устойчивость к глифосату представлены в таблице 28.

Таблица 28 - Толерантность к глифосату различных МС-линий сахарной свеклы, 2016 г.

Каталожный номер	МС-линия	Устойчивость, %		Кол-во корнеплодов, шт.
		полевая	лабораторная	
493	(389) ТМС(1-93/Т12 х 11301), В <sub>5</sub> /16	86	96	180
498	(148) ТМС(1-93/Т12 х 11301), р.6, В <sub>4</sub>	95	98	44
514	(440) ТМС(2-110/Т13 х 11301), р.1	74	75	85
516	(439) ТМС(3-128/Т13 х 11301), р.3, В <sub>3</sub>	89	94	140
518	(179) ТМС(3-93/Т12 х 4936), р.5, В <sub>4</sub>	95	78	165
522	(415) ТМС(3-127/Т13 х -//-), р.3, В <sub>3</sub>	86	95	105
524	(417) ТМС(3-127/Т13 х -//-), р.4, В <sub>3</sub>	82	83	270
528	(421) ТМС(3-127/Т13 х -//-), р.6, В <sub>3</sub>	96	91	128
530	(384) ТМС(1-97/Т12 х 7994), р.6, В <sub>4</sub>	88	77	900
531	(403) ТМС(1-97/Т12 х -//-), р.1, В <sub>4</sub>	90	96	140
533	(405) ТМС(1-97/Т12 х -//-), р.2, В <sub>4</sub>	89	97	250
St, гибрид Кубанский МС 95		0	0	0

Линии с каталожными номерами 498, 516, 528, 531 и 533, как самые устойчивые, были включены в программу дальнейших исследований.

Таблица 29 - Продуктивность пробных ТМС-гибридов по данным предварительного испытания в 2016 году

Кат. номер	Комбинация скрещивания при создании пробных гибридов	Густота, тыс./га	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	Устойчивость к глифосату, %	
						лабор.	полевая
469	(Д-110) МС(4-100/Т12 x 11301) В <sub>2</sub> x ОП 6279	102,7	43,3	14,1	6,1	98,0	94,0
471	(Д-116) МС (3-127/Т13 p-2 J <sub>2</sub> x 4936) В <sub>1</sub> x ОП 6279	94,4	46,0	14,1	6,5	92,0	91,0
478	МС(27038 x 12127№1/08) x ОП 3-128/Т13 p-2 J <sub>3</sub> (Д-18)	93,0	44,9	13,2	5,9	85,0	75,0
-	Кубанский МС-95, st	83,3	41,9	14,0	5,9	0,0	0,0
	НСР		5,1	0,6			

В мелкоделяночных опытах 2016 года применяли однократное опрыскивание Раундапом 14 мая. Учет устойчивости проведен 23 мая. На делянках, где не применяли глифосат, пришлось трижды в период вегетации использовать ручную прополку, против «нулевой» ручной прополки на делянках с растениями, толерантными к глифосату. Контролем служил stный гибрид Кубанский МС 95, не устойчивый к глифосату.

Растения sta и сорные растения, в зависимости от видового состава, погибали на 7-10-й день после опрыскивания глифосатом. Наиболее устойчивым оказался горец вьюнковый: погибал на 17-19-й день.

Продуктивность первых ТМС-гибридов сахарной свеклы показана в таблице 32. Достоверных различий по урожайности, сахаристости и технологическим качествам, в мелкоделяночных опытах, по сравнению с контролем не получено.

Наибольшую устойчивость показали гибриды с каталожными номерами 469 и 471.

На основании выполненных исследований сделано следующее предварительное заключение:

1. Первые четыре года исследований показали, что при отсутствии оборудования для геномной инженерии, на первом этапе при создании отечественных исходных форм сахарной свеклы, обладающих толерантностью к глифосату, можно использовать традиционные (классические) приемы генетики и селекции с использованием форм неизвестного происхождения, обладающих признаками устойчивости.

2. В наших опытах при скрещивании большинства форм неизвестного происхождения и местных селекционных материалов в потомствах F<sub>1</sub>, как и следовало ожидать, наблюдалась гетерозиготность Т-форм сахарной свеклы, используемых в качестве реципиентов для доноров толерантности.

3. При инцухтировании вновь выявленных Т-форм в отдельных случаях наблюдалась полная толерантность потомства. Это можно объяснить доминантностью одного из родителей по признаку RR. Достоверность этих предположений проверялась в повторных опытах по инцухтированию и скрещиванию с рецессивными по толерантности МС-формами.

4. Проявление признака частичной устойчивости к глифосату наблюдалось не только при скрещивании МС-растений с ТОп, но и, в отдельных случаях, при скрещивании в изоляторах ТОп с О-типами и с ММ-опылителями без кастрации растений, что свидетельствует о наличии перекрестной совместимости таких генотипов растений. Получены первые в разной степени толерантные к глифосату стерильные и фертильные формы.

5. На первом этапе селекции, когда еще не созданы линии О –типа, роль отцовского компонента гибрида могут выполнить многосемянные RR-линии (ТОп), способные к перекрестной совместимости с МС-линиями, а на перспективу – и с МС сингл-кроссами. Такие линии будут проверяться по признакам толерантности, синхронности цветения, самофертильности и перекрестной совместимости, а родительские компоненты гибридов анализироваться по комбинационной способности (урожайность, сахаристость и другие показатели).

6. На пространственно-изолированных участках («клуббах») и в групповых изоляторах получены семена первых 27 пробных МС-гибридов с разной степенью толерантности к глифосату, в количестве достаточном для сравнительного испытания и предварительной оценки по комбинационной способности. Опылителем для них служили многосемянные Т-формы, а в качестве материнского компонента использовали МС-тестер и ТМС-формы.

7. В последующие годы большое внимание будет уделяться созданию и поддержанию односемянных закрепителей стерильности (ЗС) с генотипом RR N<sub>xxzz</sub> m<sub>m</sub>, поддерживающих полную стерильность односемянного материнского МС-компонента, толерантного к глифосату (RR S<sub>xxzz</sub> m<sub>m</sub>).

8. На данном этапе исследований крайне важно сосредоточить усилия генетиков и биотехнологов на разработке методов ускорения и достоверного определения (диагностики) результатов генетических изменений у реципиентов и доноров устойчивости к глифосату. Можно надеяться, что когда-либо в научных учреждениях появятся лаборатории генной инженерии и это значительно ускорит создание более ценного исходного материала и новых биотехнологических гибридов.

### **3.5 Наследование признака толерантности к глифосату в процессе создания новых исходных форм сахарной свеклы**

Наибольший урон урожаю сахарной свеклы наносят сорняки. В конкурсной борьбе за почвенное питание, влагу и свет они, нередко снижают

урожайность до 25 % и более. Для борьбы с сорняками с середины 20-го века стали использовать гербициды, доля которых возрастает из года в год. Это приводит к дополнительным расходам, а главное – риску загрязнения окружающей природы и причинения вреда для здоровья человека. Поэтому на повестку дня выходит необходимость разработки методов, в том числе генетических и селекционных, позволяющих снизить засоренность, сократить объем и кратность химических обработок, уменьшить затраты на приобретение и внесение гербицидов, свести к минимуму негативные последствия их применения [10, 20, 53].

За последние два десятилетия важным достижением ученых в области генетики и селекции сахарной свеклы стало создание высокорентабельных гибридов, обладающих толерантностью к глифосату – гербициду сплошного действия, наименее вредоносному и наиболее эффективно контролирующему засоренность посевов. Это стало возможно благодаря применению генной инженерии – селекционному инструменту для переноса фрагмента специфичной T1-плазмиды (кольцевая молекула ДНК), устойчивой к глифосату, из клеток почвенной бактерии *Agrobacterium tumefaciens* в растительные клетки сахарной свеклы.

Подобные мутационные изменения происходят и в природных условиях, но очень редко [Н.Э. Борлоуг, 2001].

Генная инженерия позволяет целенаправленно применять эту весьма сложную многоступенчатую и дорогостоящую «операцию». При удачном ее завершении конечным результатом на первом этапе становится создание новых исходных форм, в частности, линий сахарной свеклы, обладающих толерантностью (терпимостью, сохранением иммунитета, в обиходе – устойчивостью) к глифосату. Такими формами могут быть многосемянные и односемянные формы, фертильные линии – закрепители мужской стерильности и их ЦМС-аналоги.

На втором этапе начинается селекционная работа по определению хозяйственно полезной ценности генетически измененных толерантных форм

(ТФ) и формирование с их участием на базе МС-линий комбинационно ценных компонентов гибридов и всестороннее испытание лучших из них. После тщательного изучения количественных и качественных показателей принимается решение об использовании наиболее продуктивных и рентабельных гибридов для коммерческих целей.

Важность этого процесса американские селекционеры отразили в названии первого в истории свекловодства устойчивого к глифосату гибрида сахарной свеклы: «Событие Н7RR» (Н-hybrid– гибрид, R-ready – пригодный, R-Roundup – раундап). Свыше 1000 гектаров семенами этого гибрида было впервые засеяно в США уже в 2007 г. Ныне площади посева под RR-гибридами в разных странах превышают миллион гектаров и ежегодно доказывают эффективность возделывания биотехнологических форм сахарной свеклы.

Глифосат (N-(фосфонометил)-глицин,  $C_3H_8NO_5P$ ) – д.в. раундапа. Его токсическое действие глифосата обусловлено тем, что он ингибирует фермент растений 5-энол-пирувил-шикимат-3-фосфат-синтазу (epsp), ответственный за многие жизненные процессы. При попадании на растения глифосат проникает в клетки, блокирует синтез жизненно важных соединений, и они погибают. Растения сахарной свеклы с генетически мутантным ферментом (условно epsps) не реагируют на губительное действие глифосата, который вскоре разлагается. Отметим, что человек и животные не имеют данной ферментной системы, т.н. «шикиматного пути», не содержат фермент «epsp», поэтому глифосат относится к наименее токсичным гербицидам для всего животного мира.

В России глифосат широко применяется для борьбы с сорняками. На посевах толерантного образца сахарной свеклы НМ-1807-RR (предшественник гибрида «Событие Н7RR») во ВНИИ биологической защиты растений (Краснодарский край) глифосат изучался в 2001-2003 гг. Испытание показало, что растения этого образца, обработанные Раундапом, нормально развиваются и даже применение сверхвысоких концентраций глифосата не

приводит к его накоплению в растениях до фитотоксических концентраций. В результате был сделан вывод, что «раундапоустойчивые растения являются весьма прогрессивным и новым подходом к решению такой насущной проблемы, как химическая борьба с сорными растениями. Использование их позволяет разрабатывать более гибкие схемы, практически неосуществимые при использовании традиционных технологий».

Несмотря на принятие 24 апреля 2012г. Комплексной Программы исследований РФ по биотехнологии №1853п-П8, к созданию подобных гибридов сахарной свеклы в нашей стране не приступали, финансирование научных исследований не велось. Тем не менее, на Первомайской селекционно-опытной станции сахарной свеклы, с осени 2012 г. начались поисковые исследования в целях создания отечественных Т-форм по инициативной тематике традиционными методами селекции, минуя генную инженерию. Для этой цели привлекли гетерозиготные материалы (Rr) сахарной свеклы неизвестного происхождения, разные биотипы которых проявляли признак устойчивости к глифосату и различались по ряду хозяйственно ценных и морфологических признаков. Для ускорения процесса селекции, опыты по выявлению закономерностей наследования признака устойчивости к глифосату начали в тепличном комплексе опытной станции с самоопыления и парного скрещивания растений по схеме «реципиент х донор».

Сахар (дисахарид), как известно, имеет химическую формулу  $C_{12}H_{22}O_{11}$  и не может содержать белок, а значит и ДНК, и, тем более, быть причастным к модификации генов. В этом отношении сахарная свекла является идеальным объектом для биотехнологии и растиражированные опасения СМИ о «вреде ГМО» по отношению к сахару абсолютно беспочвенны.

Чтобы передать признак от одного растения к другому надо учитывать закономерности наследования и взаимодействия комплекса признаков, которые у перекрестно опыляемых растений порой бывают неожиданными.

У сахарной свеклы преобладают гермафродитные самонесовместимые формы, что затрудняет принудительное самоопыление и анализ полученных результатов, поскольку, в отличие от самоопылителей, всегда существует возможность спонтанного скрещивания с пылью растений иного генотипа (ксеоногамия), что искажает результаты гибридологического анализа. Данное обстоятельство приходится учитывать в процессе анализа и математической обработки полученных результатов.

На первом этапе исследований стояла задача по отбору наиболее толерантные к глифосату Т-формы (гомозиготные доминанты), выделению из них будущих доноров для отечественных линий О-типа, многосемянных (ММ) опылителей и др. Конечной целью является создание устойчивых к глифосату самоопыленных линий, проявляющих четко выраженную экспрессию гена, кодирующего синтез 5-энол-пирувил-шикимат-3-фосфат-синтазы, а затем получить отечественные ТМС-гибриды, проявляющие толерантность к глифосату в сочетании с высокой продуктивностью и в итоге – повышение рентабельности возделывания сахарной свеклы.

В основу определения генотипа компонентов гибридизации сахарной свеклы по признаку толерантности к глифосату были положены представления Г. Менделя о доминантности и рецессивности. Условно принималось, что толерантность контролируется доминантным геном и что RR – гомозигота по доминанте, rr – гомозигота по рецессиву, а Rr – гетерозигота по признаку толерантности. Растения с признаками толерантности к глифосату обозначали как «Т-формы», например, ТММ-опылители, ТМС-формы. На первом этапе применяли самоопыление предполагаемых Т-форм, в потомстве которых растения 1-го и 2-го года жизни или погибали, или сохранялись после опрыскивания глифосатом в общепринятых дозах. При этом исходили из того, что доминантные (RR) растения можно получить только после регулярного (не менее трех раз) самоопыления гетерозиготных растений и очередной проверки потомства по наследованию толерантности к глифосату.

В наших опытах, с целью получения толерантных селекционных материалов, в качестве реципиента использовались следующие формы, ранее созданные на Первомайской селекционной опытной станции сахарной свеклы:

1) Многосемянные фертильные линии-опылители (ММ) различного происхождения – отцовские формы для районированных и перспективных гибридов, созданные индивидуальным отбором из популяций в сочетании с последующим инцухтом и оценкой по комбинационной способности.

2) Односемянные фертильные линии О-типа (ОТ), проверенные на закрепительную способность по признаку ЦМС (генотип Nxxxzz), используемые в качестве фертильных аналогов для размножения МС- линий различного типа.

3) В качестве МС-тестера и, возможно, будущего материнского компонента Т-гибрида использовали МС-линии, стерильные по пыльце – функционально женские отдельноплодные аналоги линий О-типа с генотипом Sxxxzz (МС). МС-тестеры применяли для принудительных парных скрещиваний в изоляторах для уточнения генотипа отцовской Т-формы и на пространственно - изолированных участках при свободном перекрестном опылении, для получения гибридных семян отечественных пробных ТМС-гибридов толерантных к глифосату.

В качестве донора толерантности (предположительно – с ферментом EPSPS) для последующего скрещивания с подобранными линиями-реципиентами на первом этапе использовали частично толерантные к глифосату селекционные образцы неизвестного происхождения (генотип Rr), условно обозначаемые как Т-формы. Среди них встречались многосемянные опылители (MMRr), односемянные фертильные формы (mmfRr). Параллельно испытывали МС-линии, полученные от скрещивания с Т-формами (ТМС).

В процессе самоопыления и размножения по типу сибсов применяли индивидуальные и парные изоляторы, групповые и вегетационные кабины, а для получения пробных гибридов компоненты скрещивания высаживали на небольших пространственно - изолированных участках (на расстоянии 2-3 км

друг от друга) для свободного переопыления. Эффективность скрещивания во многом зависела от синхронности (или несинхронности) цветения компонентов скрещивания. Полученные в опытах пробные ТМС-гибриды и отцовские компоненты (ТММ) оценивали по устойчивости к глифосату и сравнивали с контролем по урожайности, качеству продукции, устойчивости к болезням и рентабельности выращивания по общепринятой методике.

Растения подопытных Т-форм, пробных гибридов и номеров (образцов) от анализирующих и насыщающих скрещиваний обрабатывали глифосатом в фазе первой и/или второй пары настоящих листьев, а затем в теплице (или в поле, в зависимости от цели опыта) в фазу розетки семенников на 2-м году жизни. Погибшие экземпляры причисляли к генотипу «rr». Оставшиеся в живых растения фенотипически не различались и по генотипу были, скорее всего, типа «Rr» или «RR». Какие из них преобладали – определить было невозможно и растения для дальнейших исследований отбирали по фенотипу. Напомним, что, согласно Менделю, закон единообразия применим только к скрещиванию пары строго гомозиготных самоопыляющихся растений, а сахарная свекла – типичное перекрестно опыляемое растение и влияние пыльцы других растений в изоляторах нередко служит причиной некорректных выводов.

В период осени-зимы 2012-2013 гг. в теплице высадили корнеплоды для самоопыления, парного скрещивания и последующего анализа. В одном из опытов местную односемянную стерильную по пыльце линию МС99, скрестили с тремя Т-формами – многосемянными гетерозиготными опылителями-донорами, отобранными по устойчивости к глифосату: Топ №2-94, Топ №2-97 и Топ №1-101. Опылители были близки по происхождению – из одного исходного образца, но различались тем, что свободно переопылялись в пределах разных групповых изоляторов, поэтому генотипичность завязавшихся семян, даже на одном растении, у них была разной. После созревания по 100 шт. свежубранных семян, выращенных в теплице, высеяли в растильни 30 марта 2013 г. из расчета в одну растильню 2

ряда каждого образца: один – для обработки растений глифосатом, а другой – контроль, без обработки. Для сравнения в опыт включили также семена от инцухта одного из опылителей – Топ № 2-94 и контроль - семена гибрида Кубанский МС 92. Все 5 растений для проращивания и учета степени толерантности. Номера растений имели следующие номера:

Растильня №1: гибридные семена F1 от скрещивания линии МС99 х Топ №2-94;

Растильня №2: семена отцовской Т-формы Оп ММ Тф 2-94 от самоопыления (для сравнения);

Растильня №3: семена районированного гибрида Кубанский МС 92 (st);

Растильня №4: гибридные семена F1 от скрещивания линии МС99 х Топ №2-97;

Растильня №5: гибридные семена F1 от скрещивания линии МС99 х Топ №1-101.

Первую обработку глифосатом провели 15 апреля 2013 г., вторую - 30 апреля 2013 г. (3 + 3 л/га). Сохранность растений учитывали через 3, 5, 7 и 10 дней после обработки (опрыскивания) растений. Результаты этого опыта, в сокращенном виде, приведены в таблице 30. При сравнении данных более толерантными к глифосату оказались растения от принудительного самоопыления Топ № 2-94 (растильня № 2). Однако, гибридные семена F1 от скрещивания МС99 с этим же опылителем показали устойчивость лишь на уровне 54,3 % (растильня №1). Примерно такой же была устойчивость гибридных растений и в 5-й растильне, где были высеяны семена от скрещивания той же материнской формы с опылителем Топ № 1-101, что подтвердило сходство опылителей Топ №2-94 и Топ №1-101 по генотипу.

*Примечание:* – гибридные семена учитывались только с материнского растения МС99

Другие результаты были получены от скрещивания этой же материнской формы с опылителем Топ №2-97: устойчивость гибридных семян была на уровне 76 %, что свидетельствовало о наличии в нем растений с генотипом

RR. К сожалению, самоопыленные семена этого опылителя не включили в опыт, и сравнить их с гибридными не представилось возможности.

Таблица 30 - Динамика всходов и выживаемость растений в зависимости от генотипа Т-формы, 2013 г.

Показатель учета	№ растений и варианты опыта с семенами				
	№1 (F1) МС99 х ТОпММ №2-94*	№2 ТОп ММ 2-94 (инцухт)	№3(F1) Куб.МС92 контроль	№4(F1) МС99 х ТОпММ №2-97*	№5(F1) МС99 х ТОпММ №1-101*
Посев 30.03	100 шт.	100 шт.	100 шт.	100 шт.	100 шт.
Всходы 6.04.2013	72	95(137ростк.)	70	71	98
Число растений на 10.04.13	70 (-2)	95(137ростк.)	82 (+12)	74 (+3)	97 (-1)
15.04.2013 г. Обработка глифосатом по одному рядку (2-й рядок - контроль )					
Опрыскано растений, шт.	35 (1 ряд)	73 (1 ряд)	44 (1 ряд)	42 (1 ряд).	45 (1 ряд).
Живых на 19.04	100 %	100 %	0 (нет)	100 %	100 %
на 20.04.13, шт./%	27 / 77 %	69 / 94 %	0	36 / 86 %	35 / 78 %
на 22.04.13, шт. /%	19 / 54,3 %	55 / 75,3 %	0	32 / 76 %	25 / 56 %

Полученные данные свидетельствуют, что МС-линия 99 относится к генотипу «rr», а опылители (Т-формы) можно характеризовать как гетерозиготы «Rr», но среди растений ТОп № 2-97, очевидно, чаще встречались растения с доминантным генотипом «RR», что привело к увеличению степени толерантности гибридного потомства (растительня № 4).

Априори можно утверждать, что при первом принудительном самоопылении Т-форм (под изолятором без кастрации пыльников) каждое семя завязывалось не только путем автогамии (скрещивание в пределах цветка), а и путем гейтеногамии - скрещивание между разными цветками в пределах того же побега (geiton, греч – сосед).

Нельзя исключить и спонтанную ксеногамию – неконтролируемое скрещивание с пыльцой другого растения с иным генотипом. Если это происходит, завязавшиеся под изолятором семена и растения из них также могут различаться по генотипу. Еще вероятнее ожидать более высокую разнокачественность семян сахарной свеклы по генотипу при парном скрещивании МС-растения с фертильным по пыльце опылителем. Функционально женские цветки в этом случае опыляются спонтанно и обусловленность гена устойчивости может происходить по-разному.

Полученные данные были обработаны по общепринятой методике с целью определения генотипа компонентов скрещивания. В таблице 31 приводятся результаты статистической обработки опыта при самоопылении многосемянного растения ТОп № 2-94.

Таблица 31 - Наследование признака устойчивости растением Тф Оп №2-94 при самоопылении

Показатель	Количество особей		
Самоопыление: Rr x Rr → 1 RR: 2 Rr: 1 rr			
Фактическое расщепление (P)	55 устойч.	18 не уст.	Всего 73
Теоретически ожидаемое расщепление (q)	54 (Rr+ Rr)	19	73
Ожидаемое отклонение	3	1	4
Отклонение d	+ 1	-1	
d <sup>2</sup>	1	1	

Обработка данных показывает, что в данном случае

$$X^2 = \sum d^2/q = 1/54 + 1/(19) = 0,02 + 0,05 = 0,07.$$

Предельные значения  $X^2$  при стной степени вероятности  $p=0,05$  и числе степеней свободы  $2-1=1$  равно 3,8.

В данном случае  $X^2= 0,04$ , т.е. намного меньше табличного значения 3,8. Следовательно, фактическое расщепление потомства близко к расчетному, отклонение недостоверно и данное растение, действительно, относится к генотипу Rr.

Гетерозиготность многосемянного растения-опылителя Топ № 2-94 подтвердилось и в случае его скрещивания с обычным растением линии ММ 99, результаты которого представлены в таблице 32. Здесь теоретически ожидаемое расщепление по признаку толерантности совпало с фактическим.

В данном случае можно утверждать, что мы имели дело с анализирующим скрещиванием: цветки рецессивной МС-формы 99 опылялись пыльцевыми зернами гетерозиготного опылителя Топ №2-94. Наследование признака устойчивости наблюдалось лишь у 50 % потомства МС-формы, а половина потомства оказалась неустойчивой и погибла (таблице 32).

Таблица 32 - Результаты анализа данных о наследовании признака устойчивости семенами гибрида F1 от скрещивания МС 7994 x Топ №2-94

Гибрид F <sub>1</sub> МС 99 x Топ 2-94 (или МСmmrrx ТММ fRr)			
Фактическое расщепление (P)	18 устойч.	17 неустойч.	35 всего
Ожидаемое отношение	1Rr	1rr	2

Подобные результаты показал и анализ наследования признака устойчивости гибридами F1 от скрещивания линии МС 99 с опылителем Топ № 1-101 (растильня № 5). Однако от скрещивания той же линии МС99 с опылителем Топ №2-97 (растильня № 4) результаты расщепления потомства не укладывались в закономерности наследования признаков по Менделю. Для объяснения вышеизложенного можно опираться на разные механизмы принудительного опыления без кастрации, но нельзя забывать и о проявлении различной экспрессии гена EPSPS в случае иного типа наследования, чем ядерный [54, 55, 72].

Экспрессия гена – это взаимодействие специфических белков с участками ДНК, в том числе перенос генетической информации с ДНК на РНК. Экспрессия генов может регулироваться на всех стадиях этого процесса, а степень выраженности одного из генов может влиять на функции других

генов, например, усиливать или ослаблять признак устойчивости к глифосату. Причина, влияющая на вектор и скорость экспрессии у сахарной свеклы, не вполне ясна [130]. Можно предположить, что экспрессия гена по признаку толерантности проявляется слабее у гетерозиготных растений. Но возможны и причины цитоплазматического характера, а также влияние типа стерильности МС-растений, их потенциальной способности к самооплодотворению. Известно, что в тепличных условиях усиливается проявление фертильности стерильной пыльцы 2-го типа, а иногда даже наблюдается процесс самооплодотворения, снижающий долю гибридных семян.

Таким образом на основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Применяя традиционные приемы генетики и селекции получены обнадеживающие результаты по созданию принципиально новых биотехнологических линий и гибридов сахарной свеклы. Уточнены схемы наследования устойчивости глифосату у комбинационно-способных раздельноплодных и сростноплодных линий.

2. Созданы первые толерантные к глифосату стерильные линии ТМС 8-93, ТМС 3-127.

3. Подтверждена высокая степень устойчивости к глифосату у церкоспороустойчивых линий - доноров Топ 3-99 и Топ Кр 24.

4. В конкурсном и экологическом испытаниях высокую комбинационную способность показали раздельноплодные линии ТМС 8-93 и ТМС 3-127.

5. Показана возможность повышения экономической эффективности производства сахарной свеклы за счет существенного снижения затрат на приобретение гербицидов, более эффективной борьбы с сорными растениями и высокой продуктивности биотехнологических гибридов.

6. Полученные результаты этапных исследований позволяют рассматривать методы классической селекции в процессе создания

биотехнологических толерантных к глифосату гибридов сахарной свёклы как один из действенных инструментов в руках селекционеров в практической селекции.

#### 4 ПРОДУКТИВНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Краснодарский край - ведущий свеклосеющий регион Российской Федерации и при этом намечается динамика роста посевных площадей за последние годы [93, 199, 105].

Несмотря на достигнутые успехи, отечественного свеклосахарного комплекса, сохраняются технологические риски, вызванные отставанием в методологии научных исследований, торможением процесса внедрения селекционных и семеноводческих разработок, что усиливает импортную зависимость от иностранных поставщиков семян сахарной свеклы и может привести к дестабилизации сахарной промышленности.

В последние годы в Краснодарском крае площадь посева сахарной свеклы составила 204 тыс. га, из которых примерно 98 % занимали гибриды иностранной селекции. Заполнение отечественного рынка семенами гибридов иностранной селекции в большинстве случаев происходит не столько по причине их более высокого генотипического потенциала, сколько за счет прогрессивных агротехнологий выращивания семян, тщательной подготовки семян на заводе (калибровка, дражирование и т.п.), что создает хорошие условия для стартового роста растений и дальнейшего формирования урожая. Все это способствует быстрому внедрению иностранных гибридов на производственных площадях и снижает конкурентоспособность отечественных гибридов, семян и технологий.

В большинстве свеклосеющих хозяйствах Краснодарского края посевная площадь сахарной свеклы стабилизировалась и занимает в структуре посевов в среднем 10-15 %, при этом урожайность одной из самых трудоемких культур в среднем 50 т/га, а в передовых хозяйствах края нередко получают 75 т/га и более [157].

В условиях Кубани в конце июля - августе на фоне высоких температур, нехватки продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы, а также

поражения растений болезнями, происходит отмирание листьев или частичный их сброс, а при наступлении благоприятных условий образование новых в конце августа – сентябре, на что растения расходуют уже накопленный сахар. Ранее проведенные исследования, показали, что на продуктивность сахарной свеклы влияют различные факторы, для снижения негативного влияния которых необходимо применять комплекс мер:

- возделывать гибриды сахарной свеклы более устойчивые к неблагоприятным условиям внешней среды и возбудителям вредоносных болезней региона выращивания;

- обеспечивать оптимальную густоту насаждения растений к уборке;

- использовать сбалансированную систему минерального питания растений;

- соблюдать чередование культур в севообороте в сочетании с научно-обоснованной системой обработки почвы;

- обеспечивать эффективную (превентивную) систему защиты от вредных объектов с учетом фитосанитарного состояния конкретного поля, что очень важно для уменьшения сброса листьев в период июль – август, так и для сохранения необходимой густоты насаждения растений к уборке.

Эти и другие агротехнические мероприятия, проведенные своевременно на свекловичных полях, позволяют растениям фабричной свеклы в оптимальном режиме синтезировать пластические вещества и меньше расходовать их в период вегетации.

На повышение урожаев большое влияние оказывает подбор районированных гибридов соответствующих почвенно-климатической зоне выращивания. Долю влияния гибрида в повышении урожайности сахарной свеклы при оптимальных условиях выращивания (в последние годы) оценивают в 35-45 % [16, 181].

На Российском рынке представлено большое количество гибридов сахарной свеклы зарубежной селекции, зарегистрированных в Государственном реестре селекционных достижений РФ, допущенных к

использованию. Большинство зарубежных гибридов создавались для поточной переработки корнеплодов, исключаяющей их временное хранение в кагатах. Такая технология переработки свеклы применяется во многих развитых странах мира. В российских условиях недостаточно мощности для того, чтобы переработать полученный урожай корнеплодов без этапа хранения и эта проблема актуальна для всех сахарных заводов.

Наши исследования направлены на то, чтобы гибриды сахарной свеклы имели более высокую лежкость при хранении, адаптированы к условиям Северо-Кавказского региона, и в частности, к условиям Кубани. По многолетним данным конкурсного, государственного и производственного испытаний в богарных условиях урожайность корнеплодов этих гибридов в отдельные годы достигала 65–70 и более т/га, сахаристость – 16–18 %, а сбор сахара – 10–11 т/га. Обладая мощным листовым аппаратом, гибриды, имея высокую устойчивость к церкоспорозу, корневым и кагатным гнилям, позволяют ежегодно обеспечивать рентабельность свекловодства. Однако они недостаточно технологичны при уборке, а по урожайности на 5-10 % уступают отдельным лучшим гибридам зарубежной селекции.

#### **4.1 Продуктивность российских гибридов сахарной свеклы (опыт 3)**

Нами были проведены исследования по величине биологической урожайности, сахаристости и технологических качеств корнеплодов отечественных гибридов сахарной свеклы в хозяйствах Краснодарского и Ставропольского краев (таблица 33).

Результаты наших исследований показали, что средние данные по гибриду Азимут имели довольно высокую биологическую урожайность, сахаристость, сбор сахара и доброкачественность очищенного сока. Урожайность варьировала по хозяйствам от 51,0 до 95,7 т/га. И в среднем по хозяйствам составила 70,3 т/га.

Таблица 33 - Биологическая урожайность гибридов сахарной свёклы Кубанской селекции в отдельных свеклосеющих хозяйствах, 2018 - 2020 гг.

Гибрид	Хозяйство	Густота, тыс/га	Урожай ность, т/га	Сахарис тость, %	Сбор сахара, т/га	ДБ, %
1	2	3	4	5	6	7
Азимут	ОАО «Марьинское», Успенский р-он	112	73,0	17,9	13,1	88,2
	ООО «Агросахар», Изобильненский р-он, Ставроп.кр. (на орошен)	126	87,6	18,1	15,9	88,8
	СХПК «Россия», Ново- Александр. р-н, Ставроп.кр.	106	51,0	18,0	9,2	89,0
	ООО «Агросахар», Успенский р-н,	107	58,3	17,7	10,3	88,8
	ООО «Велес», Гулькевичский р-н	93	95,7	14,3	13,7	86,6
	АО «Племзавод Урупский», Отраденский р-он, п.430	101	77,6	17,5	13,5	88,8
	ФГУП «Урупское», Новокуб. р-н	96	61,0	17,7	10,8	88,3
	ООО «Агросахар-2», Успенский р-н	93	58,4	17,7	10,3	87,9
Среднее		104	70,3	17,4	12,1	88,3
Кубанский МС 95	ОАО «Марьинское», Успенский р-он	131	79,7	15,5	12,4	88,6
	ООО «Агросахар», Изобильненский р-он, Ставроп.кр., (на орошении)	115	79,0	19,0	15,0	89,1
	ЗАО «Марьинское», Тбилисский р-он	109	65,8	16,8	11,0	89,0
	ООО «Велес», Гулькевичский р-он	100	95,8	15,4	14,8	86,8
	АО «Племзавод Урупский», Отраденский р-он, п.430	80	73,3	17,7	13,0	89,1
Среднее		107	78,7	16,9	13,2	88,5
Успех	ОАО «Марьинское», Успенский р-он	120	64,7	17,4	11,3	88,0
	СПК«Колхоз им.Ленина», Новокубан.р-он	119	61,4	18,4	11,3	88,1

1	2	3	4	5	6	7
	ООО «Агросахар», (на орошен) Изобильненский р-он, Ставроп..кр	126	84,3	15,9	13,4	89,2
	СХПК «Россия», Новоалександр р-он, Ставроп.кр.	113	48,0	18,3	8,8	89,1
	ЗАО «Марьинское», Тбилисский р-он	126	56,9	17,3	9,8	89,3
	ООО «Велес», Гулькевичский р-он	101	81,1	16,1	13,1	86,6
	АО «Племзавод Урупский», Отраденский р-он, п.432	100	76,6	16,3	12,5	88,5
	ФГУП «Урупское», Новокуб. р-он	114	61,3	18,2	11,2	88,7
	ООО «Агросахар-2», Успенский р-он	113	62,0	18,0	11,2	89,4
Среднее		112	65,2	17,4	11,3	88,5

Нами отмечено варьирование по величине содержания сахара в хозяйствах, однако в среднем эта величина около 17,4 %, что обеспечило довольно высокий сбор сахара с гектара.

Высокие показатели урожайности в среднем по хозяйствам получен у гибрида Кубанский МС 95 и она составила 78,7 тонн с гектара. Нами отмечается довольно высокая сахаристость у корнеплодов этого гибрида. В данном эксперименте она составила в среднем по хозяйствам 16,9 % (таблица 36).

Гибрид Успех высевался в десяти хозяйствах и средняя урожайность составила по 65,2 т/га, при довольно высокой сахаристости.

В целом можно заключить, что гибриды Азимут, Кубанский МС 95 и Успех в среднем по хозяйствам показали довольно высокую биологическую урожайность, а наибольшей сбор сахара (13,2 т/га) получен при выращивании гибрида Кубанский МС 95. Это говорит о высоком потенциале этих гибридов.

Таблица 34 - Продуктивность гибридов сахарной свеклы Кубанской селекции, 2018 - 2020 гг. (механизированная уборка)

Гибрид	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	ДБ, %
ОАО «Марьинское», Успенский район Краснодарского края				
Азимут	45,0	17,4	7,8	88,2
Кубанский МС 95	54,9	17,5	9,6	88,6
Успех	52,0	16,7	8,7	88,0
<i>Среднее по хозяйству</i>	47,8	17,2	8,2	-
<i>Среднее по району</i>	49,5	-	-	-
ООО «Агросахар» Изобильненский р-он Ставропольский край (на орошении)				
Азимут	84,9	15,8	13,2	88,8
Кубанский МС 95	81,4	16,4	13,3	89,1
Успех	78,3	16,9	13,2	89,2
<i>Среднее по хозяйству</i>	62,0	16,6	10,3	-
<i>Среднее по району</i>	55,9	-	-	-
ООО «Велес» Гулькевичский р-он Краснодарского края				
Азимут	96,9	13,0	9,1	86,6
Кубанский МС 95	100,0	14,0	14,0	86,8
Успех	86,1	14,3	12,3	86,6
<i>Среднее по хозяйству</i>	64,2	16,0	10,3	-
<i>Среднее по району</i>	57,6	-	-	-
АО «Племзавод Урупский», Отрадненский р-он Краснодарского края				
Азимут	58,8	16,1	9,5	88,8
Кубанский МС 95	58,0	16,1	9,3	89,1
Успех	49,7	15,5	7,7	88,5
<i>Среднее по хозяйству</i>	56,1	17,4	9,7	-
<i>Среднее по району</i>	54,0	-	-	-
ФГБУ «Урупское» Новокубанский р-он Краснодарского края				
Азимут	46,7	17,2	8,0	88,3
Успех	52,1	17,1	8,9	88,7
<i>Среднее по хозяйству</i>	45,5	17,0	7,7	-
<i>Среднее по району</i>	49,2	-	-	-
Среднее по Краснодарскому краю	52,6	-	-	-
НСР <sub>05</sub>	1,78		0,06	

Проведенное нами изучение урожайности сахарной свеклы и ее качественных показателей в хозяйствах Краснодарского края позволили сделать вывод об эффективности гибридов Кубанской селекции (таблица 35). Установлено, что при механизированной уборке сахарной свеклы гибриды Азимут, Кубанский МС 95 и Успех в условиях Успенского района ОАО «Марьинское» урожайность составила 50,6 т /га. Нами отмечена высокая урожайность этих гибридов и в Ставропольском крае. Средняя урожайность

гибридов Кубанской селекции в этом крае составила 84,5 т/га. Все это говорит о высокой потенциальной возможности полученных гибридов. Таблица 35 – Урожайность гибридов Кубанской селекции в хозяйствах региона, т/га (2018 - 2020 гг.)

Показатель	Урожайность, т/га
ОАО «Марьинское», Успенский район	
Средняя урожайность гибридов	50,1
<i>Среднее по хозяйству</i>	47,8
<i>Среднее по району</i>	49,5
ООО «Агрсахар» Изобильненский р-он Ставропольский край	
Средняя урожайность гибридов	71,5
<i>Среднее по хозяйству</i>	62,0
<i>Среднее по району</i>	55,9
АО «Племзавод Урупский», Отрадненский р-он	
Средняя урожайность гибридов	55,5
<i>Среднее по хозяйству</i>	56,1
<i>Среднее по району</i>	54,0
ФГБУ «Урупское» Новокубанский р-он (уборка 2-я декада октября)	
Средняя урожайность гибридов	48,1
<i>Среднее по хозяйству</i>	45,5
<i>Среднее по району</i>	49,2
Среднее по Краснодарскому краю	52,6

Нами проанализирована средняя урожайность гибридов Кубанской селекции и урожайность сахарной свеклы в хозяйстве и в определенных районах. Установлено, что хозяйства ОАО «Марьинское» Успенского района средняя урожайность гибридов Азимут, Кубанский МС 95 и Успех составила 50,1 т/га. В этом предприятии средняя урожайность составила 47,8 а по району 49,5 т/га (таблица 35). Надо учитывать тот фактор, и в этом хозяйстве, и в целом в районе преимущественно возделывается гибриды иностранной селекции. Аналогичные данные получены и в предприятии АО «Племзавод Урупский» Отрадненского района. Продуктивность гибридов Кубанской селекции составила 55,5 т/га, а по Отрадненскому району 54.0 т/га.

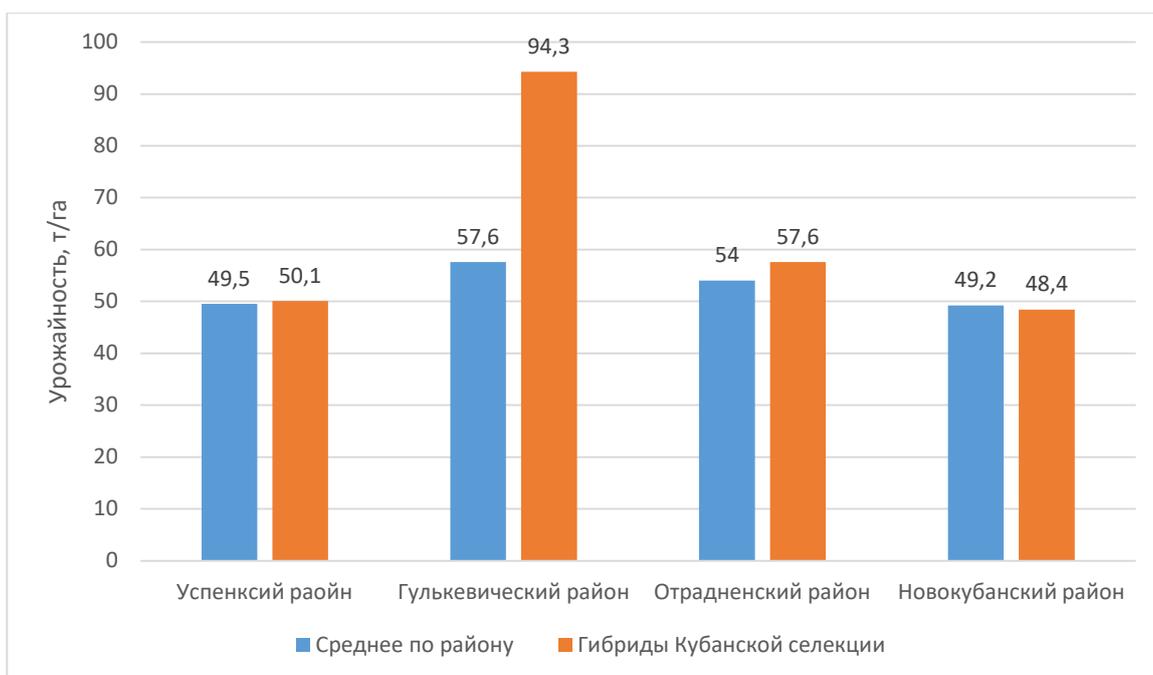


Рисунок 2 - Урожайность гибридов Кубанской селекции в сравнении со средне районной, т/га (2018 - 2020 гг.)

Анализ урожайности гибридов Кубанской селекции (гибриды Азимут, Кубанский МС 95 и Успех) показал, что в трех районах этот показатель был выше у отечественных гибридов (рисунок 2). Необходимо учитывать, что в этих районах в структуре посевных площадей сахарной свеклы преимущественно высевается гибриды иностранной селекции.

Сравнение урожайности гибрида Кубанский МС 95 со средней продуктивности сахарной свеклы по районам видно, что этот показатель выше у гибрида Кубанский МС 95. Это говорит о высоком потенциале этого гибрида, так как преимущественно в районах высевались импортные гибриды.

Таким образом, в большинстве хозяйств при механизированной уборке средняя продуктивность Кубанских гибридов превышала средние показатели по району, а иногда и по хозяйству. Отечественные гибриды имеют достаточно высокий потенциал урожайности, сахаристости и технологические качества сырья. Гибриды выгодно отличаются от большинства иностранных гибридов по устойчивости к церкоспорозу и корневым гнилям, обладают хорошей лежкостью при хранении в кагатах. В отдельных хозяйствах была

отмечена заниженная густота насаждения растений, что приводило к формированию корнеплодов с различной массой (0,3-3,0 кг) и как следствие к увеличению потерь при механизированной уборке. В процессе уборки, при уплотненной сухой почве и повышенных скоростных режимах работы корнеуборочного комбайна, нередко происходил обрыв хвостовой части корнеплода, что значительно снижало урожайность.

#### **4.2 Реакция новых гибридов сахарной свеклы на приемы основной обработки почвы (опыт 4)**

Ускоренное развитие и интенсификация свекловичного производства, повышение его экономической эффективности на современном этапе – важнейшая задача для свеклосеющих хозяйств Северо-Кавказского региона.

В сложившихся погодных условиях запасы продуктивной влаги в 2-х метровом слое почвы превышали на варианте опыта, где проводилось почвоуглубление чизелем (таблица 36) дефицит влаги и аномально жаркая погода существенно снизили уровень урожайности всех гибридов сахарной свёклы на всех вариантах опыта.

Так, в 2018 году значительно меньше в среднем многолетние показатели выпало осадков в июне, августе месяца. В 2019 году отмечается дефицит осадков в апреле, июне и августе. В третьем году, т.е. 2020 выпало меньше осадков в сравнении со среднемноголетними в апреле и августе месяца.

Таблица 36 – Запасы продуктивной влаги в 2-х метровом слое почвы под сахарной свеклой при разных способах приемах обработки почвы, мм (среднее 2018 - 2020 гг.)

Период определения	Вариант	Горизонт, см				
		0-50	51-100	101-150	151-200	0-200
1	2	3	4	5	6	7
На период сева сахарной свёклы	1	66	77	68	80	291
	2	66	75	67	81	289
	3	84	80	76	85	325

1	2	3	4	5	6	7
Середина вегетации	1	26	18	34	67	145
	2	28	19	43	71	161
	3	35	30	48	72	186
При уборке сахарной свёклы	1	22	16	17	20	75
	2	29	14	13	29	85
	3	21	21	24	26	92

*Примечание:* 1 - вспашка; 2 - поверхностная обработка с почвоуглублением; 3 - поверхностная обработка.

Запасы продуктивной влаги зависели от приемов обработки почвы, а также от периода вегетации (таблица 36). Установлено, что в начале вегетации запасы продуктивной влаги были больше при поверхностной подготовке почвы к посеву. Это, по всей вероятности, объясняется меньшим испарением влаги при данном приеме подготовки почвы. Видно, что к середине вегетации, да и к моменту уборки большие запасы влаги отмечены, где проводилась поверхностная подготовка как с углублением, так и без него.

Таблица 37 – Реакция гибридов сахарной свёклы на прием основной обработки почвы по данным производственного испытания, 2018 - 2020 гг.

Гибрид, где подготовлены семена	Густота стояния, тыс./га	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	Урожай-ть ботвы, т/га
1	2	3	4	5	6
Вспашка					
Кубанский МС 74 (st)	85	38	17,7	6,7	28
Кубанский МС 92	74	41	17,7	7,5	31
Ярыса, Польша	102	41	19,0	7,8	-
Яполя, Польша	111	42	19,7	8,3	30
Цетра, Бельгия	102	41	18,8	7,7	-
Сирио, Голландия,	86	43	17,4	7,5	-
Ориго, Голландия	84	51	18,2	9,3	33

1	2	3	4	5	6
Линейный МС 05	91	40	17,8	7,1	33
Кубанский МС 95	81	41	18,2	7,5	30
Крокодил, Бельгия	105	44	18,9	8,3	30
Каньон, Бельгия	99	47	20,0	9,4	-
Адидже, Бельгия	104	48	18,5	8,9	-
Орикс, Бельгия	91	49	18,2	9,3	-
Среднее по опыту:	93	43	18,5	7,9	31
Гибриды кубанской селекции		41	17,9	7,3	30
Гибриды зарубежной селекции		45	18,7	8,4	32
<b>Поверхностная обработка почвы с почвоуглублением</b>					
Кубанский МС 74 (st)	80	36	17,6	6,3	23
Кубанский МС 92	54	45	16,0	7,2	24
Ярыса, Польша	80	41	18,3	7,5	-
Яполя, Польша	94	37	18,2	6,7	29
Цетра, Бельгия	70	37	17,7	6,5	-
Сирио, Голландия,	67	38	17,4	6,6	-
Ориго, Голландия	59	34	17,6	6,0	29
Линейный МС 05	88	40	17,4	6,8	27
Кубанский МС 95	76	41	18,2	7,5	31
Крокодил, Бельгия	76	46	17,4	8,0	30
Каньон, Бельгия	69	44	17,5	7,7	-
Адидже, Бельгия	79	43	18,4	7,9	-
Орикс, Бельгия	70	46	18,0	7,9	28
Среднее по опыту:	76	39	17,9	7,0	28

1	2	3	4	5	6
Гибриды кубанской селекции	81	38	17,7	6,9	27
Гибриды зарубежной селекции	74	40	18,0	7,6	29
Поверхностная обработка почвы					
Кубанский МС 74 (st)	86	39	17,5	6,8	33
Кубанский МС 92	79	41	17,7	7,5	-
Ярыса, Польша	95	39	18,8	7,3	-
Яполя, Польша	101	39	18,7	7,3	27
Цетра, Бельгия	94	35	19,3	6,7	-
Сирио, Голландия,	97	42	18,1	7,6	-
Ориго, Голландия	99	42	19,2	8,1	32
Линейный МС 05	76	32	17,7	5,7	31
Кубанский МС 95	78	36	18,2	6,5	27
Крокодил, Бельгия	99	43	18,3	7,9	33
Каньон, Бельгия	83	42	18,1	7,6	-
Адидже, Бельгия	81	38	18,2	6,9	-
Орикс, Бельгия	86	45	18,2	8,2	32
Среднее по опыту:	89	39	18,3	7,2	31
Гибриды кубанской селекции	80	37	17,8	6,5	30
Гибриды зарубежной селекции	93	41	18,5	7,6	31

Таблица 38 - Средние показатели продуктивности гибридов сахарной свеклы при различных приемах основной обработки почвы, т/га (учет конец июля, 2018 - 2020 гг.

Гибрид, где подготовлены семена	Урожайность корнеплодов, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	Урожайность ботвы, т/га
Кубанский МС 92	42	17,7	7,4	28
Ярыса, Польша	40	18,7	7,5	-
Яполя, Польша	39	19,1	7,4	29
Цетра, Бельгия	38	18,6	7,1	-
Сирио, Голландия	41	17,6	7,2	-
Ориго, Голландия	42	18,3	7,7	31
Линейный МС 05	36	17,6	6,3	30
Кубанский МС 83	36	18,2	6,5	29
Кубанский МС 74 (st)	37	17,6	6,5	28
Крокодил, Бельгия	44	18,4	8,1	31
Каньон, Бельгия	44	18,5	8,1	-
Адидже, Бельгия	43	18,4	7,9	-
Орикс, Бельгия	47	18,1	8,5	31
Среднее по опыту:	41	18,2	7,4	30
Гибриды кубанской селекции	38	17,8	6,7	29
Гибриды зарубежной селекции	42	18,4	7,7	31

Средние показатели по данным учетов, полученных 27 июля на трех приемах основной обработки почвы, следующие: густота – 86 тыс./га; урожайность гибридов – 41 т/га; сахаристость – 18.2 %; урожайность ботвы – 30 т/га; сбор сахара – 7,4 т/га.

Выше среднего по опыту при первом учете показали гибриды: по урожайности корнеплодов – Орикс, Каньон, Крокодил, Адидже и Кубанский МС 92; по сахаристости – Яполя, Ярыса, Цетра и Каньон; по урожайности ботвы – Орикс, Ориго, Крокодил, Линейный МС 05, Кубанский МС 83; по сбору сахара – Орикс, Каньон, Крокодил, Ярыса, Кубанский МС 92.

Средняя урожайность и сахаристость гибридов была выше на 10-11 % в варианте, где применялась вспашка почвы. Урожайность ботвы у гибридов кубанской селекции была на 11 % ниже, по сравнению с иностранными аналогами.

Нами установлено, что средние показатели продуктивности сахарной свеклы полученных на трех приемах основной обработки почвы следующие: урожайность гибридов в среднем по опыту составила 49 т/га; сахаристость – 19,8 %; урожайность ботвы – 12 т/га; сбор сахара – 9,7 т/га.

Выше среднего по опыту при первом учете показали гибриды: по урожайности корнеплодов – Орикс, Ориго, Кубанский МС 92, Каньон, Крокодил; по сахаристости – Адидже, Яполя, Цетра Орикс, Сирио, Ориго; по урожайности ботвы – Кубанский МС 92, Кубанский МС 74, Ориго, Кубанский МС 83; по сбору сахара – Орикс, Адидже, Ориго, Кубанский МС 92, Крокодил.

Продуктивность гибридов сахарной свеклы в варианте, где применялась поверхностная обработка с почвоуглублением, была по всем учетным параметрам выше, по сравнению с вариантами с поверхностной обработкой и вспашкой.

Таблица 39 - Реакция гибридов сахарной свеклы на приемы основной обработки почвы, 2018 - 2021 гг. (учет конец августа)

Гибрид, где подготовлены семена	Густота стояния, тыс./га	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	Урож. ботвы, т/га
1	2	3	4	5	6
Вспашка					
Кубанский МС 74 (st)	85	46	19,8	9,1	11
Кубанский МС 92	74	55	18,9	10,4	16
Ярыса, Польша	93	44	19,7	8,7	-
Яполя, Польша	93	48	19,7	9,5	10
Цетра, Бельгия	89	47	20,2	9,5	-

1	2	3	4	5	6
Сирио, Голландия	81	47	20,3	9,5	-
Ориго, Голландия	85	59	19,3	11,4	11
Линейный МС 05	89	48	19,5	9,4	12
Кубанский МС 95	96	49	19,5	9,5	12
Крокодил, Бельгия	104	54	19,6	10,6	9
Каньон, Бельгия	85	50	19,2	9,6	-
Адидже, Бельгия	78	46	20,6	9,5	-
Орикс , Бельгия	85	52	20,4	10,6	11
Среднее по опыту:	87	49	19,7	9,6	11
Гибриды кубанской селекции	86	47	19,4	9,1	13
Гибриды зарубежной селекции	88	50	19,9	9,9	10
Поверхностная обработка почвы с почвоуглублением					
Кубанский МС 74 (st)	92	47	19,8	9,3	14
Кубанский МС 92	70	57	19,5	10,3	12
Ярыса, Польша	107	54	19,5	10,5	-
Яполя, Польша	104	54	20,1	10,8	13
Цетра, Бельгия,	85	53	19,7	10,4	-
Сирио, Голландия,	85	52	19,0	9,9	-
Ориго, Голландия,	85	57	19,7	11,2	13
Линейный МС 05	74	49	19,7	9,3	12
Кубанский МС 95	81	52	19,4	9,3	11
Крокодил, Бельгия	89	51	19,2	9,8	10
Каньон, Бельгия	85	57	19,4	11,0	-
Адидже, Бельгия	81	57	19,9	11,3	-
Орикс , Бельгия	89	60	19,8	11,9	11
Среднее по опыту:	86	53	19,6	10,4	12
Гибриды кубанской селекции	79	47	19,6	9,2	12
Гибриды зарубежной селекции	90	55	19,6	10,8	12
Поверхностная обработка					

1	2	3	4	5	6
Кубанский МС 74 (st)	81	45	19,8	8,9	14
Кубанский МС 92	67	51	19,5	9,9	13
Ярыса, Польша	81	42	20,3	8,5	-
Яполя, Польша	89	46	20,6	9,5	11
Цетра, Бельгия,	81	45	20,1	9,0	-
Сирио, Голландия	70	47	20,5	9,6	-
Ориго, Голландия	78	49	20,6	10,1	12
Линейный МС 05	74	41	19,3	7,9	12
Кубанский МС 95	78	47	19,8	9,3	12
Крокодил, Бельгия	81	51	20,1	10,2	10
Каньон, Бельгия	89	50	19,6	9,8	-
Адидже, Бельгия «	81	50	20,3	10,1	-
Орикс , Бельгия	78	55	19,6	10,8	11
Среднее по опыту:	79	47	20,0	9,4	12
Гибриды кубанской селекции	75	44	19,6	8,6	13
Гибриды зарубежной селекции	81	48	20,2	9,7	11

Таблица 40 - Средние показатели продуктивности гибридов сахарной свеклы при различных приемах основной обработки почвы (учет конец августа)

Гибрид, где подготовлены семена	Урожай-ть корнепл., т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	Урожайность ботвы, т/га	Пораж. церкоспор. в % к станд.
1	2	3	4	5	6
Кубанский МС 92	53	19,3	10,2	14	36
Ярыса, Польша	47	19,8	9,3		167
Яполя, Польша	49	20,1	9,8	11	133
Цетра, Бельгия	48	20,0	9,6		67

1	2	3	4	5	6
Сирио, Голландия,	49	19,9	9,7		80
Ориго, Голландия	55	19,9	10,9	12	100
Линейный МС 05	45	19,5	8,8	12	45
Кубанский МС 83	41	19,6	8,0	12	59
Кубанский МС 74 (st)	46	19,8	96,1	13	100
Крокодил, Бельгия	52	19,6	10,2	10	173
Каньон, Бельгия	52	19,4	10,1		200
Адидже, Бельгия	51	20,3	10,3		100
Орикс, Бельгия	56	19,9	11,1	11	133
Среднее по опыту:	49	19,8	9,7	12	
Гибриды кубанской селекции	46	19,6	9,0	13	
Гибриды зарубежной селекции	51	19,9	10,1	11	

Нами установлено, что средние показатели, полученные на трех приемах основной обработки почвы при уборке в конце сентября составили: урожайность гибридов – 52 т/га; сахаристость – 20,1 %; урожайность ботвы – 10 т/га; сбор сахара – 10,6 т/га.

Превышали средние показатели по опытам при ручной копке следующие гибриды: по урожайности корнеплодов – Орикс, Крокодил, Каньон, Кубанский МС 92, Адидже, Яполя; по сахаристости – Сирио, Цетра, Кубанский МС 74, Линейный МС 05, Ориго, Адидже; по урожайности ботвы – Кубанский МС 92, Линейный МС 05, Кубанский МС 74, Кубанский МС 83; по сбору сахара – Орикс, Каньон, Крокодил, Адидже, Кубанский МС 92, Сирио, Цетра.

Данные трех сроков учетов подтверждают опережающие темпы прироста листьев и корнеплодов у иностранных гибридов в первой половине вегетации по сравнению с гибридами кубанской селекции. В дальнейшем гибриды кубанской селекции по урожайности ботвы превосходят иностранные аналоги, а по темпам прироста корнеплодов приближаются к ним.

Проведенные исследования показывают, что пораженность корнеплодов корневыми гнилями и церкоспорозом по вариантам основной подготовки почвы различны (таблице 41).

В связи с длительным периодом засухи и низкой относительной влажностью воздуха развитие церкоспороза проявилось слабо.

Таблица 41 - Реакция гибридов сахарной свёклы на приемы обработки почвы, 2018 - 2021 гг. (учет конец сентября)

Гибрид, где подготовлены семена	Урожайность корнеплодов, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	Урожайность ботвы, т/га
1	2	3	4	5
Вспашка				
Кубанский МС 74 (st)	51	21,0	10,7	11
Кубанский МС 92	56	19,5	10,9	12
Ярыса, Польша	50	20,5	10,2	11
Яполя, Польша	52	20,6	10,7	10
Цетра, Бельгия	50	21,5	10,8	10
Сирио, Голландия	50	21,9	11,0	10
Ориго, Голландия	53	20,0	10,6	10
Линейный МС 05	51	19,9	10,1	11
Кубанский МС 95	52	20,4	10,6	11
Крокодил, Бельгия	52	19,1	10,5	9
Каньон, Бельгия,	55	19,6	10,8	9
Адидже, Бельгия	55	20,2	11,1	10
Орикс, Бельгия	54	20,6	11,5	9

1	2	3	4	5
Среднее по опыту:	53	20,3	10,8	10
Гибриды кубанской селекции	52	20,2	10,5	11
Гибриды зарубежной селекции	53	20,4	10,9	10
Поверхностная обработка почвы с почвоуглублением				
Кубанский МС 74 (st)	50	19,5	9,7	12
Кубанский МС 92	56	20,0	11,4	11
Ярыса, Польша	52	20,1	10,4	8
Яполя, Польша	55	20,1	11,0	8
Цетра, Бельгия,	54	19,7	10,6	9
Сирио, Голландия	54	19,1	10,4	8
Ориго, Голландия,	47	20,7	9,7	8
Линейный МС 05	50	20,3	10,2	12
Кубанский МС 95	55	19,9	10,9	11
Крокодил, Бельгия	59	19,0	11,2	6
Каньон, Бельгия	56	19,3	10,4	8
Адидже, Бельгия	55	20,1	11,0	9
Орикс, Бельгия	57	20,0	11,4	8
Среднее по опыту:	52	19,6	10,3	9
Гибриды кубанской селекции	50	19,8	9,9	11
Гибриды зарубежной селекции	54	19,8	10,6	8
Поверхностная обработка				
Кубанский МС 74 (st)	52	21,0	10,9	11
Кубанский МС 92	54	19,9	10,7	12
Ярыса, Польша	48	19,9	9,5	8
Яполя, Польша	51	20,7	10,5	10
Цетра, Бельгия	50	21,6	10,8	10
Сирио, Голландия	54	21,9	11,8	11
Ориго, Голландия,	52	20,5	10,7	10
Линейный МС 05	48	21,0	10,0	12

1	2	3	4	5
Кубанский МС 95	49	20,9	10,3	9
Крокодил, Бельгия	56	19,2	10,7	8
Каньон, Бельгия	54	20,1	10,8	8
Адидже, Бельгия	50	20,6	10,3	10
Орикс, Бельгия	57	20,1	11,4	10
Среднее по опыту:	52	20,5	10,7	10
Гибриды кубанской селекции	50	20,6	10,3	11
Гибриды зарубежной селекции	52	20,5	10,7	9

Таблица 42 - Средние показатели продуктивности гибридов сахарной свеклы при различных приемах основной обработки почвы, 2018 - 2021 гг. (учет конец сентября)

Гибрид, где подготовлены семена	Урож-ть корнеплодов, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	Урожайность ботвы, т/га
1	2	3	4	5
Кубанский МС 74 (st)	51	20,5	10,4	11
Кубанский МС 92	54	19,8	10,7	12
Ярыса, Польша	50	20,2	10,0	9
Яполя, Польша	53	20,5	10,7	9
Цетра, Бельгия	51	20,9	10,7	10
Сирио, Голландия	51	21,0	10,7	10
Ориго, Голландия	51	20,4	10,3	9
Линейный МС 05	49	20,4	10,0	12
Кубанский МС 95	54	20,2	10,9	10
Крокодил, Бельгия	57	19,1	10,8	8
Каньон, Бельгия	56	19,7	10,9	8
Адидже, Бельгия	53	20,3	10,8	10
Орикс, Бельгия	57	20,2	11,4	9
Среднее по опыту:	52	20,1	10,6	10

1	2	3	4	5
Гибриды кубанской селекции	52	20,2	10,4	11
Гибриды зарубежной селекции	53	20,2	10,7	9

Урожайность гибридов Кубанской и иностранной селекции сахарной свеклы в варианте, где применялась поверхностная обработка с почвоуглублением, была по всем учетным параметрам выше, по сравнению с вариантами с поверхностной обработкой и вспашкой. Так же при проведении чизелевания отмечен максимальный сбор сахара с единицы площади

Результаты математической обработки показывают, что применение в качестве основной обработки почвы чизелевания способствует достоверному увеличению урожайности у всех изучаемых гибридов (НСР по фактору В – 0,76) (таблица 43).

Таблица 43 – Урожайность гибридов сахарной свеклы в зависимости от приемов обработки почвы, т/га (2018-2021 гг., учет конец сентября)

Гибрид (фактор А)	Прием обработки (фактор В)			Среднее по фактору А НСР <sub>А</sub> =1,56
	вспашка	чизелевание	поверхностная обработка	
1	2	3	4	5
Кубанский МС 74 (st)	51,5	50,0	52,0	51,2
Кубанский МС 92	56,0	56,0	54,0	55,3
Ярыса, Польша	50,0	52,0	48,0	50,0
Яполя, Польша	52,0	55,0	51,0	52,7
Цетра, Бельгия	50,0	54,0	50,0	51,3
Сирио, Голландия,	50,0	54,0	44,0	52,7
Ориго, Голландия	53,0	49,0	52,0	50,7
Линейный МС 05	51,0	50,0	48,0	49,7
Кубанский МС 95	52,0	55,0	49,0	52,0
Крокодил, Бельгия	52,0	59,0	56,0	55,7

1	2	3	4	5
Каньон, Бельгия	55,0	56,0	54,0	55,0
Адидже, Бельгия	55,0	55,0	55,0	53,3
Орикс, Бельгия	54,0	57,0	57,0	56,0
В среднем по фактору В, НСР <sub>В</sub> =0,76	52,4	53,9	51,9	Хср 52,7
НСР <sub>05</sub> для частных средних = 2,72				

Практически нами не установлено математически достоверного изменения урожайности гибридов отечественной и зарубежной селекции в зависимости от приемов основной обработки почвы, т.к. эти изменения были близки к значения НСР по фактору А (таблица 43).

Математическая обработка результатов эксперимента методов пошаговой множественной регрессии установила, что максимальное влияние на урожайность гибридов сахарной свеклы оказали приемы подготовки почвы (таблица 44).

Таблица 44 – Множественная регрессионная зависимость урожайности гибридов сахарной свеклы в зависимости от приемов обработки почвы, учет конец сентября

Год	Свободный член уравнения	Доля влияния по фактору		R <sup>2</sup>
		А	В	
2018	52,01	15,20	35,11	0,43
2019	54,80	18,23	44,30	0,57
2020	52,13	14,30	33,43	0,44

Результатами исследований также установлено, что влияние приемов обработки почвы на сбор сахара с единицы площади было менее значительным, т.к. доля влияния составила около 20% (таблица 45).

Таблица 45 – Множественная регрессионная зависимость сбора сахара у гибридов сахарной свеклы в зависимости от приемов обработки почвы, 2018-2022 гг. (учет конец сентября)

Свободный член уравнения	Доля влияния по фактору		R <sup>2</sup>
	А	В	
10,61	5,04	19,51	0,65

В ходе эксперимента установлено, что наибольшую продуктивность гибридов: Кубанской селекции показали: Кубанский МС 95; Кубанский МС 83 и Кубанский МС 74. Среди гибридов зарубежной селекции: Каньон, Крокодил, Яполя, Орикс, Адидже, Цетра.

Гибриды кубанской селекции поражались гнилями в среднем в 2-3 раза меньше по сравнению с иностранными аналогами. Меньше пораженность отмечена на вариантах с применением чизеливания.

Таблица 46 – Сбор сахара гибридов сахарной свеклы в зависимости от приемов обработки почвы, т/га (2018-2021 гг., учет конец сентября)

Гибрид (фактор А)	Прием обработки (фактор В)			Среднее по фактору А НСР <sub>А</sub> =0,08
	вспашка	чизелевание	поверхностная обработка	
1	2	3	4	5
Кубанский МС 74 (st)	9,8	10,7	10,9	10,5
Кубанский МС 92	10,4	10,9	10,7	10,7
Ярыса, Польша	10,4	10,2	9,5	10,0
Яполя, Польша	11,0	10,7	10,5	10,7
Цетра, Бельгия,	10,6	10,8	10,8	10,7
Сирио, Голландия	10,4	11,0	11,8	11,1
Ориго, Голландия	9,9	10,6	10,3	10,3
Линейный МС 05	10,2	10,1	10,0	10,1
Кубанский МС 95	10,9	10,6	10,9	10,8
Крокодил, Бельгия	11,2	10,5	10,8	10,8
Каньон, Бельгия,	10,4	10,8	10,9	10,7

1	2	3	4	5
Адидже, Бельгия	11,4	11,1	10,8	11,1
Орикс, Бельгия	10,6	11,5	11,4	11,4
В среднем по фактору В, НСР <sub>В</sub> =0,05	10,6	10,7	10,7	Хср 10,7
НСР <sub>05</sub> для частных средних = 0,16				

Результаты математической обработки показали, что сбор сахара с единицы площади зависел как от приемов обработки почвы, так и от особенностей гибридов. Нами установлено, что применение поверхностной обработки почвы совместно с почвоуглублением существенно увеличивало сбор сахара с гектара в сравнении с вариантом, где проводили вспашку (таблица 46).

Установлено, что по пораженности корневыми гнилями зависела как от приемов подготовки к посеву, так и от происхождения гибридов сахарной свеклы. Результаты ручной копки показали, что поражения гибридов отечественной селекции было меньше при проведении вспашки и обработки почвы с почвоуглубителем (1,4 – 1,7 %) В среднем пораженность гибридов иностранной селекции была выше, в сравнении с гибридами Кубанской селекции.

В связи продолжительным периодом засухи в годы проведения эксперимента развитие церкоспороза проявилось незначительно.

По результатам данных опыта по приемам подготовки почвы на гибриды сахарной свеклы можно сделать следующее заключение:

1. Реакция гибридов сахарной свеклы на приемы основной обработки почвы была неодинаковой. В первой половине вегетационного периода (до 1 августа) показатели продуктивности у всех исследуемых гибридов были выше на агрофоне при проведении вспашки.

Однако в последующем такое преимущество нивелировалось и к октябрю наибольший уровень продуктивности всех гибридов отмечен в варианте, где проводилась обработка почвы с почвоуглублением. Увеличение

урожайности на варианте, где проводилось чизелевание, математически достоверно в сравнении со вспашкой.

2. Запасы продуктивной влаги в двух метровом слое почвы на варианте с вспашкой были меньше, по сравнению с вариантом, где проводилась поверхностная обработка почвы с почвоуглублением в начале, середине и в конце вегетации на 11, 27 и 23 % соответственно.

Запасы влаги в варианте с поверхностной обработкой почвы имели промежуточные показатели.

3. Темп роста листьев и корнеплодов в первой половине вегетации у гибридов зарубежной селекции выше, по сравнению с гибридами кубанской селекции. Так на начало августа урожайность ботвы у иностранных гибридов была выше на 11 %, при учете в сентябре и до октября масса ботвы у гибридов кубанской селекции была выше на 12 % по сравнению с иностранными аналогами.

4. По результатам учетов продуктивности при ручной копке и механизированной уборке гибриды кубанской селекции уступают в среднем лучшим иностранным аналогам: по урожайности на 3-5 т/га; по сахаристости на 0,1-0,6 %; по сбору сахара на 0,5-0,8 т/га.

5. Наибольшую продуктивность показали гибриды: Кубанской селекции: Кубанский МС 92; Кубанский МС 83 и Кубанский МС 74.

Зарубежной селекции: Каньон, Крокодил, Яполя, Орикс, Адидже, Цетра.

6. Гибриды кубанской селекции поражались гнилями в среднем в 2-3 раза меньше по сравнению с иностранными аналогами. Меньше пораженность отмечена на вариантах с применением чизеливания.

7. На всех агрофонах средние показатели пораженности гибридов церкоспорозом существенно не отличались.

### **4.3. Эффективность производства новых гибридов сахарной свеклы в зависимости от сроков уборки (опыт 5)**

Уборка сахарной свёклы завершает технологию ее производства. Копка корнеплодов в Краснодарском крае начинается в августе, когда у большинства гибридов урожайного генотипа (N, NE, E) сахаристость не достигает базисной 16 %, заканчивается уборка в первых числах ноября, когда начинаются похолодания с отрицательными температурами, что ведет к снижению технологических качеств корнеплодов и невозможности их длительного хранения.

По нашим рекомендациям площадь для сахаристых генотипов (Z) в посевах должна составлять не менее 30 %, (NZ) также не менее 30 %, применение урожайных генотипов (E). Сахаристые гибриды генотипов (Z) являются более скороспелыми и на начало уборки имеют сахаристость выше базисной 16 % и хорошие технологические качества, поэтому копка должна начинаться с сахаристых гибридов [110, 157, 196, 200].

Причинами ранней уборки являются:

- во-первых, договор переработчиков условий сельхозпроизводителям сдачи сырья на сахарные заводы и загрузки оборудования;
- во-вторых – ненастные погодные условия в середине и конце осени.

Увеличить объем производства сахара можно за счет увеличения урожайности и повышения уровня содержания сахара в свёкле.

Значительное влияние на урожайность и качество сахарной свёклы оказывает организация уборки: оптимизация сроков начала и темпов уборки, сокращение разрыва времени между копкой и вывозкой свеклы, научная организация труда на уборке и вывозке свёклы.

Соблюдение технологии и правильная организация механизированной уборки и вывозке свёклы способствуют улучшению ее физико-механических показателей (снижается общая загрязненность и содержание зеленой массы, количество механических повреждений и подвяленных корней). Нарушение

научно обоснованной организации уборки в последние годы повлекло за собой увеличение потерь биомассы и снижение качества корнеплодов.

Значительному повышению продуктивности сахарной свёклы экономической эффективности свекловичного и сахарного производства способствует оптимизация сроков и темпов уборки сахарной свёклы, ликвидация разрыва между ее копкой и вывозкой. При определении сроков и темпов уборки необходимо учитывать факторы, действующие в сельском хозяйстве и сахарной промышленности. Полная технологическая зрелость свёклы наступает в большинстве районов Краснодарского края в конце сентября – начале октября, однако свёкла продолжает расти, и в ней накапливается сахар даже в конце октября. В связи с этим понятно стремление свеклосеющих хозяйств начинать уборку свёклы по возможности позднее и провести ее в сжатые сроки до наступления ненастной погоды, так как ранняя уборка неизбежно приводит к уменьшению валового сбора свёклы и сахаристости.

В связи с этим следует четко разграничить понятия «начало уборки» свёклы в количествах, которые должны перерабатываться сахарными заводами «с колес», без хранения (с учетом 2-3 суток страхового запаса) и «начало массовой уборки» с хранением (переход к темпам уборки и заготовки в сжатые сроки).

Такая система создания сырьевых зон и совершенствование организации и технологии производства призваны обеспечить рост эффективности производства свеклосахарного производства и вывести его из кризисного состояния.

Проведенный нами анализ структуры управления свеклосахарным подкомплексом Краснодарского края показал, что для повышения его работы в рыночных условиях требуется формирование новых отношений между всеми звеньями производства, начиная от производителей техники для выращивания сахарной свёклы и заканчивая ее переработкой с использованием отходов производства. Основой этих отношений должны

стать научно-обоснованные взаимоотношения, учитывающие интересы всех участников.

В комплексе мероприятий, направленных на повышение рентабельности производства сахарной свёклы, особое внимание наряду с совершенствованием приемов агротехники и внедрением в производство новых высокопродуктивных гибридов, должно уделяться оптимальным срокам уборки.

Следует учитывать, что реализация генетического потенциала гибридов отечественной и зарубежной селекции составляет 40 – 60 % и в сильной степени зависит от почвенно-погодных, организационно-хозяйственных и агротехнических мероприятий. В немалой степени продуктивность сахарной свёклы определяется сроками уборки корнеплодов.

Таблица 47 – Пораженность гибридов сахарной свёклы церкоспорозом и корневыми гнилями при различных приемах обработки почвы, 2018 - 2021 гг.

Прием подготовки почвы	Пораженность церкоспорозом, балл	Пораженность корневыми гнилями, %	
		при внешнем осмотре	при ручной копке
1	2	3	4
Гибриды кубанской селекции			
Вспашка почвы	1,3	0,9	1,4
Поверхностная обработка почвы с почвоуглублением	1,3	1,1	1,7
Поверхностная обработка почвы без почвоуглубления	1,2	0,6	4,5
Гибриды зарубежной селекции			
Вспашка почвы	2,1	1,4	6,1
Поверхностная обработка почвы с почвоуглублением	1,6	2,0	1,6

1	2	3	4
Поверхностная обработка почвы без почвоуглубления	1,3	1,3	9,8

*Примечание:* В эксперименте 40 гибридов, повторность четырехкратная.

Таблица 48 - Продуктивность гибридов сахарной свёклы в зависимости от сроков уборки, 2012-2014 гг.

Показатель, критерий оценки	Биологическая урожайность корнеплодов, т/га			Сахаристость, %			Сбор сахара, т/га		
	01.08	01.09	01.10	01.08	01.09	01.10	01.08	01.09	01.10
2012 г.									
Среднее всех изучавшихся гибридов	34,0	55,0	66,0	15,6	12,9	14,7	5,3	7,1	9,7
В процентах к первому сроку уборки 01.08	100	161	194	100	83	94	100	134	183
2013 г.									
Среднее всех изучавшихся гибридов	38,8	41,4	46,6	16,4	18,7	18,1	6,4	7,8	8,4
В процентах к первому сроку уборки 01.08	100	107	120	100	114	110	100	122	131
2014 г.									
Среднее всех изучавшихся гибридов	42,1	56,3	58,8	14,9	16,4	17,2	6,3	9,2	10,1
В процентах к первому сроку уборки 01.08 за 2012-2014 гг.	100	134	140	100	110	115	100	146	160

*Примечание:* в эксперименте 40 гибридов, повторность четырехкратная.

Успех производства сахарной свёклы должно осуществляться как от внешних, так и внутренних факторов производства. К внешним факторам

относятся факторы государственного регулирования производства сахара в стране, к внутренним – факторы организационно-экономического и технологического порядка, зависящие от организации и технологии выращивания и переработки сахарной свёклы.

Как показывают исследования, увеличить сбор свёклы и сахара с каждого гектара посевов и сократить потери массы свекловичного сырья в процессе хранения можно, если начинать копку свеклы в объемах, которые могут быть немедленно переработаны сахарными заводами в более ранние сроки, до начала ее массовой уборки. Широкое внедрение скороспелых сортов, районированных в крае, дает возможность начать уборку в ранние сроки (последняя декада августа) и удлинить период вегетации для основной массы свёклы, уменьшить количество подлежащего хранению сырья и сократить продолжительность его хранения, окончить уборку до наступления ненастной погоды.

Проведение таких исследований стало особенно актуально в связи с заполнением отечественного рынка семенами гибридов зарубежной селекции, загрузкой оборудования сахарных заводов и значительными потерями сырья в период временного хранения на сахарных заводах.

При ранней уборке удлиняется период хранения, корнеплоды быстро подвяливаются, сильно прорастают и легко загнивают. Прежде всего, теряется влага в головке и хвостовой части корнеплода, где весьма плотное размещение сосудисто-волокнистых пучков. Кроме того, головка корнеплода свеклы быстро теряет тургор в связи с удалением листьев и, как следствие, увеличением испаряющейся поверхности. При запаздывании с уборкой корнеплоды могут быть повреждены заморозками. Подмороженные корнеплоды при хранении будут гнить.

По результатам исследований за два месяца активной вегетации с 1 августа по 1 октября (в среднем за 3 года) урожайность корнеплодов повысилась на 18,8 т/га, сахаристость на 2,1 % и сбор сахара на 3,4 т/га.

Начиная уборку сахарной свёклы в начале августа, свеклосеющие хозяйства и сахарные заводы должны принимать во внимание тот факт, что могут недополучить 30-40 % потенциального выращенного урожая.

#### **4.4 Продуктивность экспериментальных (пробных) биотехнологических гибридов сахарной свеклы (опыт 6)**

По мере дальнейшего развития отрасли свекловодства для повышения конкурентоспособности свекловичного комплекса потребуется шире внедрять в производство новые гибриды и современные интенсивные технологии, направленные на получение стабильных урожаев, даже в условиях нестабильности почвенно-погодных факторов [201, 205, 213].

Сахарная свекла относится к культурам интенсивного земледелия, требующим при возделывании значительного расхода денежных средств и материальных ресурсов.

Главным показателем интенсификации производства культуры остается урожайность корнеплодов новых гибридов, которая отражает не только выход продукции с единицы площади, но и уровень развития агротехнологии. В то же время остаются нерешенными вопросы зависимости свекловодства от поставки свеклосемян гибридов зарубежной селекции, техники и пестицидов. Главным направлением селекции является сохранение стабильности достигнутого уровня и повышения продуктивности перспективных гибридов.

Среди приоритетных факторов в процессе реализации государственной политики импортозамещения важную роль играют следующие мероприятия:

- ускоренное создание новых рентабельных гибридов, в том числе биотехнологических, созданных на основе современных методов биотехнологии и генной инженерии;
- организация системы первичного и репродукционного семеноводства новых гибридов сахарной свеклы;

– внедрение ресурсосберегающих агротехнологий производства, обеспечивающих снижение материальных затрат и нагрузки на окружающую среду.

Учитывая, что традиционная селекция далеко не исчерпала возможности повышения продуктивности сахарной свеклы, она уже не может обеспечить коренную перестройку растения. Поэтому особую значимость приобретает использование способов биотехнологии для создания большего генетического разнообразия и отбора форм с целевыми признаками и свойствами [178, 216].

В нашей стране биотехнология, как метод селекции, долгое время замалчивалась в официальных документах и не включалась в планы практических работ селекционно-семеноводческих учреждений. И только в 2012 году задания по генной инженерии были включены в Комплексную программу развития биотехнологии в России на период до 2020 года. В документе содержалось предостережение, что без использования биотехнологических инноваций сельскохозяйственное производство в Российской Федерации будет по-прежнему высоко затратным и будет проигрывать в конкурентоспособности зарубежным странам. Отмечалось также, что в основе генетического улучшения различных признаков сортов и гибридов, включая борьбу с сорняками, а также устойчивость к биотическим и абиотическим факторам, лежит классическая селекция.

Правительство Российской Федерации 23 сентября 2013 года приняло Постановление № 839 «О государственной регистрации генно-инженерно-модифицированных организмов, предназначенных для выпуска в окружающую среду, а также продукции, полученной с применением таких организмов или содержащей такие организмы». В документах отмечалось, что развитие биотехнологических исследований позволит устранить многолетнее отставание сельскохозяйственных наук в области генетики, гетерозисной селекции и научного семеноводства.

Значение биотехнологий многократно подчеркивал в своих трудах старейший ученый, лауреат Нобелевской премии Норман Эрнест Борлоуг. В докладе на Международной конференции «Семена возможностей: перспективы сельскохозяйственной биотехнологии» (Лондон, 2001) он отмечал: «Почти все наши традиционные продукты питания представляют собой результат естественных мутаций и генетической трансформации, которые служат движущими силами эволюции. Не будь этих основополагающих процессов, мы все еще барахтались бы в донных осадках первобытного океана».

Он напоминал, что пшеница приобрела свои современные качества в результате необычных, но вполне естественных, природных скрещиваний между различными видами трав, а сегодняшний пшеничный хлеб – результат комбинации трех растительных геномов. В этом смысле пшеничный хлеб следовало бы отнести к трансгенным, или генетически модифицированным (ГМО), продуктам. Еще один результат трансгенной гибридизации – современная кукуруза, появившаяся, благодаря скрещиванию разных видов *Teosinte* и *Tripsacum* (трипсакум - древний аллополиплоид). Известно, что «на протяжении последних 100 лет ученые смогли применить свои резко расширившиеся познания в генетике, селекции, физиологии растений и других дисциплинах для того, чтобы ускорить процесс совмещения высокой урожайности с высокой устойчивостью к различным стрессам» [21].

В последние годы в зарубежных странах особое значение придается созданию высокорентабельных биотехнологических гибридов сахарной свеклы, обладающих толерантностью к глифосату – гербициду сплошного действия, наименее вредоносному для теплокровных и наиболее эффективно контролирующему засоренность посева.

В Российской Федерации до последнего времени практически не создаются биотехнологические гибриды сахарной свеклы нового поколения устойчивые к засухе, гербицидам, пониженным температурам и другим неблагоприятным условиям среды.

Президент Российской Федерации В.В. Путин 28 ноября 2018 года подписал Указ № 680 об ускоренном развитии генетических технологий. Правительству поручалось в течение трех месяцев разработать и утвердить Федеральную научно-техническую программу развития генетических технологий на 2019-2027 гг. В апреле 2019 года правительством было издано постановление № 479 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019-2027 годы», в котором геномное редактирование организма, генетически модифицированные организмы в нашей стране легализованы и преследуется цель создания «биобезопасности и обеспечения технологической независимости страны».

В таблице 49 представлены результаты конкурсного испытания наиболее толерантных к глифосату гибридов сахарной свеклы. Гибрид с каталожным номером 875 существенно превышал показатели средние по опыту, как по урожайности так и сахара с 1 га увеличение составляло соответственно 115 и 112%.

Наиболее полно учитываемый показатель – средняя урожайность корнеплодов (зачетная) у толерантных к глифосату гибридов была значительно выше по сравнению с средней урожайностью по хозяйству ООО «Агросахар» и превышение составило 11,5 т/га. Затраты на приобретение гербицидов для защиты сахарной свеклы от сорных растений в традиционной и разрабатываемой перспективной технологиях за 2019-2020 гг. представлены в таблицах 50-53. Данные исследований подтверждают явное преимущество перспективной технологии.

Таблица 49 – Продуктивность наиболее ценных ТМС-гибридов сахарной свеклы, по данным конкурсного испытания, 2019 - 2020 гг.

Каталожный номер гибрида	Густота, тыс./га	Биологическая урожайность корнеплодов		Сахаристость		Сбор сахара		Устойчивость к глифосату, %
		т/га	в % к ср. по опыту	%	в % к ср. по опыту	т/га	в % к ср. по опыту	
931 МС12173хТОп3-99	97	72,6	109	17,4	100	12,6	109	86
941 ТМС1-93хТОПКр-24	91	74,8	112	17,2	99	12,9	111	94
882 ТМС8-93хТОп2-110	95	72,7	109	17,0	98	12,4	107	89
875 ТМС8-93хТОп2-94	98	76,4	115	17,0	98	13,0	112	86
Среднее по опыту	95	66,5	100	17,4	100	11,6	100	85
НСР <sub>05</sub>	-	7,0	-	0,5	-	-	-	-

Гибриды с каталожными номерами ТГ 937 (1383) и ТГ 944 (1385) как наиболее устойчивые к глифосату и показавшие высокую продуктивность планируется включать для изучения повторно в экологическое и производственное испытания.

Таблица 50 - Продуктивность пробных толерантных к глифосату МС гибридов сахарной свеклы по данным экологического испытания, 2019 - 2020 гг.

Каталожный номер гибрида	Комбинация скрещивания, экологический пункт	Урожай биологический, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	ДБ сока, %	Уст- сть к глифосату, %
ТГ 935 (1382)	ТМС 8-93хТОп 3-99	59,6	15,9	9,5	88,0	87

	Опытная станция, г. Гулькевичи					
	ООО «Агросахар», поле №34, Успенский район	73,0 81,6	15,4 15,6	11,2 12,7	87,8 87,5	91
Среднее		71,4	15,6	11,1	87,8	
ТГ 937 (1383)	ТМС 3- 127хТОп3-99 Опытная станция, г. Гулькевичи	58,1	17,1	9,9	88,5	85
	ООО «Агросахар», поле №34, Успенский район	76,0 102,9	15,5 15,8	11,8 16,3	88,1 87,5	96
Среднее		79,0	16,1	12,6	88,0	
ТГ 944 (1385)	ТМС 8-93хТОп Кр24 Опытная станция, г. Гулькевичи	53,7	16,1	8,7	88,2	96
	ООО «Агросахар», поле №34, Успенский район	88,0 101,1	16,6 15,7	14,6 15,9	87,5 88,0	94
Среднее		81,0	16,1	13,1	87,9	
ТГ 946 (1386)	ТМС 3127хТОпКр24	58,9	16,3	9,6	89,0	84

	Опытная станция, г. Гулькевичи					
	ООО «Агросахар», поле №34, Успенский район	74,0	16,2	12,0	88,1	87
		90,0	17,3	15,6	88,5	
Среднее		74,3	16,6	12,4	88,5	

Установлено, что расходы на приобретение гербицидов для защиты сахарной свеклы от сорных растений при выращивании толерантных к глифосату гербицидов все три года выращивания были значительно меньше по сравнению с рекомендованными производству способами для обычных гибридов (таблица 51). Экономия в расчете на 1 га составила 6422 руб.

Таблица 51 - Продуктивность наиболее ценных толерантных к глифосату гибридов сахарной свеклы по данным экологического испытания, 2019-2020 г.г. (уборка механизированная)

Катал. номер гибрида	Комбинация скрещивания	Густота насаждения, тыс./га	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	Доброкач. сока, %	Устойчивость к глифосату, %
ТГ 937 (1383)	ТМС 3-127 х Топ 3-99	109	66,5	15,8	10,5	85,9	90,5
ТГ 944 (1385)	ТМС 8-93 х Топ Кр 24	107	64,6	16,7	10,8	86,4	92,3
Среднее по опыту		108	65,5	16,2	10,6	86,1	91,4
Среднее по ООО «Агросахар»		-	54,0	-	-	-	0
Среднее по Успенскому району (Агросводка)		-	49,5	-	-	-	0
Среднее по Краснодарскому краю		-	52,6	-	-	-	0

Результаты учетов, проведенных в автоматизированном режиме представлены в таблице 51. Наиболее полно учитываемый показатель – средняя урожайность корнеплодов (зачетная) у толерантных к глифосату гибридов была значительно выше по сравнению с средней урожайностью по хозяйству ООО «Агросахар» и превышение составило 11,5 т/га. Затраты на приобретение гербицидов для защиты сахарной свеклы от сорных растений в традиционной и разрабатываемой перспективной технологиях за 2017-2019 г. представлены в таблицах 52-53. Данные исследований подтверждают явное преимущество перспективной технологии.

Таблица 52 - Затраты на приобретение гербицидов для защиты сахарной свеклы от сорных растений, 2019 г.

Наименование средств защиты, гербицидов	Расход на 1 га по препарату	Цена за л/кг, руб.	Затраты на 1 га, руб.
1	2	3	4
I. Технология, применяемая в свеклосеющих хозяйствах (баковые смеси) Первая химическая обработка 29.04.			
Синбетан Эксперт ОФ, л	1,00	925	925
Карамболь, л	0,03	13215	396,4
Фронтьер Оптима, л	0,20	1890	379
Декстер, кг	0,20	521	104,2
Агролип 93, л	0,20	87	17,4
Итого	1,63		1822,0
Вторая химическая обработка 07.05.			
Синбетан Эксперт ОФ, л	0,70	925	647,5
Карамболь, л	0,03	13215	396,45
Бетанал Макспро, л	0,50	2562	1281
Альфа-Пиралид, л	0,20	1486	297,2
Декстер, кг	0,20	521	104,2
Итого	1,63		2726,3
Третья химическая обработка 20.05.			
Синбетан Эксперт ОФ, л	0,70	925	647,5
Карамболь, л	0,03	13215	396,45
Бетанал Макспро, л	0,50	2562	1281
Альфа-Пиралид, л	0,20	1486	297,2
Декстер, кг	0,20	521	104,2

1	2	3	4
Клетомид Плюс Микс, л	0,50	1090	545
Итого	2,13		3271,3
Всего	5,39		7819,7
II. Перспективная технология защиты сахарной свеклы устойчивой к гербицидам (по данным экологического испытания) Первая химическая обработка 07.05.			
Тотал 480, ВР, л	2,0	480	960
Вторая химическая обработка 20.05.			
Тотал 480, ВР, л	2,0	480	960
Всего	4,0		1920

Установлено, что расходы на приобретение гербицидов для защиты сахарной свеклы от сорных растений при выращивании толерантных к глифосату гербицидов все три года выращивания были значительно меньше по сравнению с рекомендованными производству способами для обычных гибридов (таблица 53). Экономия в расчете на 1 га составила 6422 руб.

Таблица 53 – Суммарные затраты на приобретение гербицидов для защиты сахарной свеклы от сорных растений, 2019-2020 гг.

Наименование технологии	Затраты на приобретение гербицидов по годам, руб.		Среднее, руб. /1га
	2019	2020	
Технология, применяемая в свекловичных хозяйствах (баковые смеси гербицидов)	7819	7553	8869
Перспективная технология (разработана на Первомайской опытной станции)	1920	2024	2447

Для расчета экономической эффективности перспективного гибрида ТГ944 (1385) были взяты два ключевых наиболее контролируемых показателя: прибавка в урожайности (т/га) в денежном выражении и затраты на приобретение гербицидов в (руб.) для защиты сахарной свеклы от сорных растений (таблица 51).

Схема расчетов была следующей:

- урожайность гибрида ТГ 944 (1385) при комбайновой уборке составила 64,6 т/га;
- средняя урожайность гибридов в ООО «Агросахар» составила 54,0 т/га;
- превышение в урожайности составило 10,6 т/га;
- реализационная стоимость прибавки в урожайности в расчете на один гектар составила (10,6 x 1600руб) 16960 руб.;
- финансовые расходы на приобретение гербицидов в расчете на 1 га при выращивании толерантного гибрида были меньше на 6422 руб.

При этом не учитывались такие оценочные критерии:

- расходы на внесение (зарплата, ГСМ и прочее);
- эксплуатационные затраты;
- снижение вреда для окружающей среды и человека.

Таким образом, экономическая эффективность выращивания биотехнологического гибрида по данным экологического испытания составила 23382 (16960+6422) руб. в расчете на 1 га посева.

Применяя традиционные приемы генетики и селекции получены обнадеживающие результаты по созданию принципиально новых биотехнологических гибридов сахарной свеклы. Уточнены схемы наследования устойчивости к глифосату у комбинационно-способных раздельноплодных и сростноплодных линий.

Подтверждена высокая степень устойчивости к глифосату у церкоспороустойчивых линий - доноров ТОп 3-99 и ТОп Кр 24.

В конкурсном и экологическом испытаниях высокую комбинационную способность показали раздельноплодные линии ТМС 8-93 и ТМС 3-127. В экологическом испытании при механизированной уборке средняя зачетная урожайность биотехнологических гибридов составила 65,5 т/га.

Затраты на приобретение гербицидов для защиты сахарной свёклы от сорных растений при выращивании устойчивых к глифосату гибридов по сравнению с обычными коммерческими гибридами в расчете на 1 га в среднем за 3 года составили соответственно 2447 и 8869 руб.

Показана возможность повышения экономической эффективности производства сахарной свеклы за счет существенного снижения затрат на приобретение гербицидов и более высокой продуктивности новых гибридов.

Дальнейшая селекционно-генетическая работа направляется на повышение константности линий, отбор комбинационно способных и на их основе получение нового поколения биотехнологических гибридов.

#### **4.5 Особенности выращивания новых гибридов сахарной свёклы в условиях недостатка влаги (опыт 7).**

Поиск новых технологических и технических решений, обеспечивающих повышение рентабельности производства сахарной свёклы и сохранение плодородия почвы в условиях меняющегося климата, особенно актуален [24, 93, 203].

На большей части Краснодарского края одним из лимитирующих факторов, сдерживающих рентабельность, является дефицит в почве продуктивной влаги из-за часто повторяющейся засухи, что обуславливает неустойчивость производства сахарной свёклы в пространстве и во времени [2, 105, 196].

Недостаток водообеспеченности растений приводит к снижению урожая сахарной свёклы, огрубению тканей и снижению качества сырья [187, 223].

Таким образом, не реализуются возможности высокопродуктивных гибридов, инновационных технологий их возделывания и прогрессивных систем земледелия.

В настоящее время при выращивании сахарной свёклы преобладает концепция летне-осенней основной обработки почвы, включающая дисковые лущения и глубокую отвальную вспашку на глубину 27-30 и более см (А. Нанаенко, 2008).

Для выполнения таких механических почвообработок требуются большие энергетические ресурсы. К примеру, увеличение глубины вспашки с 20 до 25 и 30 см повышает расход топлива соответственно на 2,7 и 5,0 л/га и

не приводит к повышению урожайности (Н.Вострухин, 2005). Результаты исследований показывают, что отвальная вспашка необходима лишь для заделки пласта многолетних трав и подстилочного навоза. На всех остальных полях она без риска снижения урожайности культур и плодородия почвы может быть заменена поверхностной обработкой.

Группа ученых считает, что основным влагосберегающим способом подготовки почвы должен стать чизельный, при котором почва рыхлится без оборота пласта, и ее слои не перемешиваются по вертикали.

Рассматривая проблему рационального использования почвенного потенциала, К.Лишки (2005) утверждает, что минимальная обработка почвы не приводит к снижению продуктивности агроценоза. На основании пятилетнего опыта он делает вывод, что чем хуже по качеству и состоянию почва, тем больший эффект дает минимальная поверхностная обработка.

Есть мнение, что при проведении вспашки неэффективно используются время и энергия, происходит деградация почвы, сильно изнашивается техника и в атмосферу выделяется большой объем углекислого газа, ценного для плодородия.

Сегодня аксиомой является требование проведения глубокой вспашки с оборотом пласта, укладки семян на плотное семенное ложе с ненарушенной капиллярной системой. Однако в действительности получается так, что глубина предпосевных обработок не бывает равномерной и почти всегда превышает глубину сева, что многократно вызывает разрушение почвенных капилляров. Таким образом, сначала предпосевными операциями (дискование, пахота, культивация) ухудшаются условия прорастания семян и роста, а потом предпринимаются попытки (не всегда успешные) их восстановить. Если не выпадает достаточно осадков, процесс восстановления капиллярной системы может длиться месяцы.

Многолетнее использование традиционных отвальных технологий спровоцировало в почвах эрозионные процессы, способствовало большим потерям гумуса, элементов минерального питания, влаги и выветриванию

плодородного слоя. Насколько опасны эти процессы? Рассуждая о них, следует понимать, что эти факторы стали причиной возрастающей популярности ресурсосберегающих технологий, задачей которых является сдерживание в почве её естественного пористого состояния. Обозначились два способа достижения желаемого результата:

- отказаться от механического воздействия на почву;
- ограничиться поверхностным рыхлением.

Оба способа не предусматривают отвальную вспашку и глубокое рыхление почвы. Измельченные растительные остатки, оставаясь на поверхности поля, уменьшают испарение влаги и ветровую эрозию почвы, способствуют сохранению почвенной биоты.

На сегодняшний день у производителей сахарной свёклы нет ясности чему в ближайшей и дальнейшей перспективе оказывать предпочтение: пахоте, чизелеванию, поверхностной или нулевой обработке почвы. Нет единой точки зрения у руководителей разных эшелонов власти, каким будет свекловодство через 10-15 лет.

При разработке существующих систем подготовки почвы никогда не учитывался тот факт, что в воздухе постоянно находится определенное количество воды, которую можно использовать для пополнения влаги в почве (А.Гуйда, 2008).

В раннее проведенных опытах было доказано, что сахарная свёкла, как и другие сельскохозяйственные культуры может расти и давать высокие урожаи без пахоты и полива в условиях засухи.

Некоторые практики и ученые уже тогда понимали, что воздушную влагу можно использовать при выращивании растений. В физическом понимании суть явления проста: чем выше температура воздуха, тем больше его влажность. Уже в те годы было известно, что при температуре воздуха 50°C в каждом его приземном кубометре содержится 92 г воды. При прохождении нагретого воздуха в почву и охлаждение его на 10°C, в силу

физических законов, количество воды в воздухе уменьшается на 37 г. Такая вода передается почве в виде росы или конденсата.

Процесс оседания в почве воды обеспечивается:

- воздухопроницаемостью почвы;
- рыхлостью, либо естественной верхнего слоя или взрыхленностью механизмами, но не более 5 см глубины;
- капиллярностью.

Природную рыхлость почвы обычно обеспечивают черви, насекомые и отмирающие корни высеваемых и сорных растений, которые оставляют после своего отмирания водно-воздушные протоки. Искусственную рыхлость в практике получают повсеместно при культивациях, дискованиях и вспашке. При этом нарушается капиллярность почвы и сводится к минимуму использование атмосферной ирригации и накопленной влаги от осадков. Осажденная роса в более глубоких слоях почвы при засухе может подняться к верхним, более теплым горизонтам, только по капиллярам и обеспечить тем самым влажность почвы и процесс нитрификации.

Для того, чтобы в засуху осело в почве побольше росы, надо увеличить разницу между температурой воздуха и почвы. Это можно получить с помощью мульчирования органикой или поверхностным рыхлением почвы на глубину 4-5 см, но не больше.

Оказывается, если почва взрыхлена глубже 5 см, то конденсации не происходит, и роса не оседает. Наличие верхнего мульчирующего слоя дольше удерживает влагу и усиливает эффект оседания росы. Такой мульчирующий слой почвы способствует осаждению и ночной росы. Ночью воздух над почвой охлаждается быстрее почвы и, как более холодный, опускается вглубь. Там он, по мнению И. Бочинского, вытесняет тёплый воздух почвы, который поднимается кверху и осаждает росу в верхнем охлажденном слое почвы.

Ранее указывалось, что не надо трогать почву плугом. И тогда без дождя растения получают влагу за счет атмосферной (воздушной) ирригации. По

отдельным подсчетам влаги может накопиться в метровом горизонте почвы более 600 т на 1 га. А так как роса содержит в себе азотные и серные соединения, то в почву привносятся до 60 кг азота и серы на 1 га.

Засуха обычно сопровождается избытком тепла и острым дефицитом воды в почве и атмосфере и является причиной огромных потерь выращиваемой продукции.

В условиях Краснодарского края запасы влаги в активный период вегетации сахарной свёклы (апрель-август) составляет по многолетним данным 283 мм, не считая влаги, поступающей в почву путем сорбции и конденсации водяных паров воздуха. Этой влаги было бы достаточно для получения высоких урожаев, если бы она потреблялась только сахарной свёклой. Но практически влага используется только лишь 60-70 % от всей накопленной в почве. Существенная доля годовых ресурсов влаги непродуктивно испаряется с поверхности почвы, либо потребляется сорняками.

В последние годы для многих ученых и практиков свекловодства стало очевидно, что применяемые многократные отвальные вспашки и сплошные рыхления распыляют почву, подавляют растущие сорняки, но в то же время создаются благоприятные условия для повышенного испарения влаги и на прорастание новых масс семян сорных растений.

Способы различных сочетаний и сокращение операций по основной отвальной обработке почвы в последние годы по своему существу получили общее наименование поверхностной обработки. Широкое распространение получило мульчирование почвы, которое не только снижает темпы эрозии, но и дольше удерживает влагу в почве.

По прогнозам Института физики атмосферы Российской академии наук, среднегодовая температура будет возрастать, а режим осадков меняться. Повышение температуры на 1°C по сравнению с нормой может снизить урожайность на 10 и более процентов.

Недостаточная изученность и противоречивость выводов ученых о влиянии систем обработки почвы на влагообеспеченность растений и их практическое значение побудили провести на экспериментальных полях ФГБНУ Первомайская СОС ряд исследований, а результаты сопоставить с традиционно сложившимися представлениями и с уже известными фактами.

Дефицит в почве продуктивной влаги принимался как фактор сдерживающий реализацию потенциальных возможностей гибридов и инновационные технологии их возделывания.

Нами установлено, что основная причина потерь продуктивности сахарной свёклы кроется в критическом состоянии пахотной земли. Ресурсы, созданные природой, существенно уменьшились и дальнейшее снижение почвенного плодородия сдерживает рост продуктивности агроценозов сахарной свёклы, угрожая тем самым продовольственной безопасности.

В связи с этим особое внимание в системе основной подготовки почвы в исследованиях отводилось влагоресурсосберегающим обработкам, которые позволили бы предотвратить, или хотя бы ослабить, последствия засухи, снизить энергозатраты без существенного снижения плодородия почвы. При сравнительном анализе экспериментальных данных параметры, полученные при вспашке, принимались за 100 %.

Значительные изменения погодных параметров в период исследований отмечались по наблюдениям и учетам на Первомайской селекционно-опытной станции.

Таблица 54 – Осадки в период активной вегетации сахарной свеклы, мм (г.Гулькевичи, Первомайская СОС)

Год	Месяц				
	IV	V	VI	VII	VIII
1	2	3	4	5	6
2010	34,3	31,3	76,2	48,8	10,8
2011	54,7	110,3	101,5	24,7	72,9

1	2	3	4	5	6
2012	33,3	84,9	69,8	20,5	172,9
2013	36,4	29,2	60,9	91,3	31,1
Средние многолетние	43,8	67,9	71,4	53,3	46,5

В годы проведения данного эксперимента (2010-2013 гг.) видно, что в апреле месяце осадков выпадало практически во все годы меньше среднемноголетнего показателя (таблица 54). Такая же закономерность, за исключением 2011 года отмечена в эти годы практически во все последующие месяцы. И так, в эти годы в период активного роста сахарной свеклы осадков выпадало значительно меньше в сравнении со среднемноголетними исследованиями. В эти засушливые годы анализ продуктивности гибридов изучали при двух приемах обработки почвы: вспашка и чизелевание.

Варианты приемов обработки почвы и сроки учетов все годы изучения выдерживались без значимых изменений. Вариант вспашки почвы представлен в качестве контрольного.

Средние запасы влаги в вариантах: вспашка, чизелевание и поверхностная обработка были соответственно: перед посевом 284, 296 и 284мм; середина вегетации 214, 210 и 206 мм; перед уборкой 98, 92 и 92 мм.

Изучаемые показатели по вариантам основной обработки перед посевом и в середине вегетации были близки между собой и к средним многолетним данным. Перед уборкой запасы влаги в вариантах с чизелеванием и с поверхностной обработкой были на 6 мм меньше, чем при вспашке. Такую разницу в содержании влаги можно объяснить различным состоянием капилляр и иным сложением верхних горизонтов почвы.

Таблица 55 - Запасы продуктивной влаги в мм в 2-х метровом горизонте почвы в зависимости от приемов основной обработки почвы и срока учета в активный период вегетации растений апрель-август

Срок учета	Год учета				Суммарный запас содержания влаги за 4 года, мм	Среднее за период апрель-август, мм	Запас влаги в % к контролю
	2010	2011	2012	2013			
1. Вспашка почвы, глубина 28-30 см. Контроль							
Посев (10-15.04)	321,9	297,9	274,4	239,6	1134	284	100
Середина вегетации (20-25.06)	217,9	246,1	192,5	198,4	855	214	100
Уборка (05-10.09)	33,3	81,9	159,1	116,3	391	98	100
2. Чизелевание почвы, глубина 33-35 см.							
Посев (10-15.04)	323,7	327,0	285,6	249,6	1186	296	105
Середина вегетации (20-25.06)	213,2	223,3	210,3	192,5	839	210	98
Уборка (05-10.09)	42,9	79,5	129,4	115,7	368	92	94

Таблица 56 – Объемная масса, общая пористость почвы и содержание агрегатов почвы в зависимости от приемов основной обработки почвы и сроков учета в активный период вегетации сахарной свеклы апрель-август (среднее 2010 - 2013 гг.)

Срок учета	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	Общая пористость почвы, %	Содержание агрегатов почвы 0,25-10,0 мм сухое просеив.	Содержание агрегатов почвы 0,25-10,0 мм мокрое просеив.
1. Вспашка почвы, глубина 28-30 см. Контроль.				
Посев (10-15.04)	1,21	51,2	68	14,3
Середина вегетации (20-25.06)	1,28	48,3	71	18,5
Уборка (05-10.09)	1,21	51,1	71	10,4
2. Чизелевание почвы, глубина 33-35 см				
Посев (10-15.04)	1,23	50,6	71	23,8
Середина вегетации (20-25.06)	1,25	49,5	74	21,2
Уборка (05-10.09)	1,29	49,0	74	21,4

Таблица 57 - Продуктивность гибридов сахарной свеклы в зависимости от способа основной обработки почвы

Показатель	Год учета				Среднее за 2010 - 2013 гг.
	2010	2011	2012	2013	
1. Вспашка почвы, глубина 28-30 см. Контроль.					
Урожайность, т/га	45,0	51,1	44,8	45,6	46,6
Сахаристость, %	18,1	16,6	14,4	16,4	16,4
Сбор сахара, т/га	8,2	6,7	6,4	7,5	7,6
2. Чизелевание почвы, глубина 33-35 см.					
Урожайность, т/га	43,9	60,9	44,8	48,8	49,4
Сахаристость, %	17,3	17,2	14,7	15,3	16,1
Сбор сахара, т/га	7,4	10,5	7,2	7,4	7,9
НСР <sub>05</sub> т/га	2,10	2,43	2,01	2,46	

Результаты нашего эксперимента показали, что и засушливые годы урожайность гибридов сахарной свеклы была выше при проведении чизелевания и эта разница с вариантом вспашки математически достоверна.

Показатели продуктивности гибридов сахарной свеклы в зависимости от способа основной обработки почвы показана в таблице 57. Урожайность и сбор сахара с 1 га, учитывая варьирование этих признаков по годам, превышали в опытах с чизелеванием.

Исследования, проведенные в 2010-2013 гг. и в последующие годы, позволили получить следующие результаты. Влажность в слое почвы 0-60 см в вариантах опыта с вспашкой, с чизелеванием и поверхностной обработкой составляла в % соответственно: перед посевом – 20,6 (100 %), 21,4 (104 %), 21,5 (104 %); середина вегетации – 14,3 (100 %), 16,1 (113 %), 16,3 (114 %); перед уборкой – 9,0 (100 %), 9,3 (103 %), 10,0 (111 %).

Влажность почвы в середине вегетации и перед уборкой больше была в вариантах с чизелеванием и поверхностной обработкой по сравнению с вспашкой.

Запасы влаги в почве превышали в варианте с чизелеванием по сравнению с вспашкой (контрольным вариантом). В вариантах с вспашкой и чизелеванием пористость почвы была значительно выше по сравнению с поверхностной обработкой.

Объемная масса в слое почвы 0-60 см в вариантах опыта с вспашкой, с чизелеванием и поверхностной обработкой составляла в г/см<sup>3</sup> соответственно: перед посевом – 1,21 (100 %), 1,23 (102 %), 1,29 (107 %); середина вегетации – 1,28 (100 %), 1,25 (98 %), 1,31 (102 %); перед уборкой – 1,21 (100 %), 1,32 (109 %), 1,30 (107 %). Объемная масса была меньше в варианте с вспашкой.

Общая пористость почвы в слое 0-60 см в вариантах опыта с вспашкой, с чизелеванием и поверхностной обработкой составляла в % соответственно: перед посевом – 51,2 (100 %), 50,6 (99 %), 49,0 (96 %); середина вегетации – 48,3 (100 %), 49,5 (102 %), 47,2 (98 %); перед уборкой – 51,1 (100 %), 46,8 (91 %), 47,5 (93 %).

Содержание агрегатов почвы размером 0,25-10,0 мм в слое почвы 0-30 см в вариантах опыта с вспашкой, с чизелеванием и поверхностной обработкой почвы при сухом просеивании составляло в % соответственно: перед посевом – 68 (100 %), 71 (104 %), 74 (109 %); середина вегетации – 71 (100 %), 74 (104 %), 70 (99 %); перед уборкой – 71 (100 %), 72 (101 %), 71 (100 %).

Содержание агрегатов почвы размером 0,25-10,0 мм в слое почвы 0-30 см в вариантах опыта с вспашкой, с чизелеванием и поверхностной обработкой почвы при мокром просеивании составляло в % соответственно: перед посевом – 14,3 (100 %), 23,8(166 %), 21,4 (150 %); середина вегетации – 18,5 (100 %), 21,2 (115%), 22,8 (123 %); перед уборкой – 10,4 (100 %), 16,2 (156 %), 16,9 (162 %).

При мокром просеивании агрегатов почвы размером 0,25-10,0 было значительно больше в вариантах с чизелеванием и поверхностной обработкой по сравнению с вспашкой.

Средняя урожайность сахарной свеклы в т/га за все годы изучения в вариантах опыта с вспашкой, с чизелеванием и поверхностной обработкой почвы в динамике составила соответственно: 30 июля – 42,7 (100 %), 48,5 (113 %), 41,2 (96%); 31 августа – 44,4 (100 %), 50,7(114 %), 40,8 (92 %); 30 сентября – 46,2 (100 %), 52,6 (114 %), 42,8 (93 %).

Урожайность сахарной свеклы была стабильно выше в варианте с чизелеванием.

Пораженность церкоспорозом была значительно меньше в вариантах с чизелеванием и с поверхностной обработкой.

Защитные мероприятия против сорняков те же, что и при отвальной вспашке.

Такая обработка почвы, по нашему мнению, сдерживает ветровую эрозию, улучшает условия для накопления и использования влаги обеспечивает прибавку в урожайности. В отдельных хозяйствах при наличии соответствующей техники может применяться и поверхностная основная

обработка почвы с обеспечением мульчирующего слоя глубиной не более 5 см.

Выбор оптимального способа обработки почвы в каждом свеклосеющем хозяйстве – многоплановая задача, решение которой должно начинаться с выявления соответствия плотности почвы оптимальному значению для сахарной свеклы. Одним из лимитирующих факторов минимизации агроценозов может стать слитность, солонцеватость почвы, близость к поверхности почвы грунтовых вод и др. В этом направлении необходимо будет значительное усиление наблюдений для оценки водного режима и создания оптимальной плотности почвы.

Используя литературные и полученные экспериментальные данные каждое свеклосеющее хозяйство может сформировать свою и осуществлять собственную технологию с учетом кадровых, технических и финансовых возможностей.

Основными критериями эффективности применяемых технологий являются затраты на 1 га, урожайность, количество вносимых удобрений и пестицидов на 1 га и рентабельность (прибыль на 1 га).

Полученные результаты могут послужить в качестве исходных материалов для специалистов свеклосеющих хозяйств при принятии оперативных, управленческих, организационно – агрономических и агротехнических решений с целью изучения и разработки новых агроприемов в плане их почвозащитных функций, влагосбережения и повышения продуктивности агроценозов сахарной свёклы.

## 5 СЕМЕНОВОДСТВО НОВЫХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Селекция и семеноводство сахарной свеклы всегда рассматривались как двуединый процесс не только по биологическим особенностям (двулетний цикл), но и по организации производственной цепочки: от опытных делянок до производственных посевов. Многолетняя практика показала, что как бы ни был хорош современный односторонний МС-гибрид, его генетические качества наиболее полно реализуются только при строгом контроле селекционного и семеноводческого процесса, особенно в работе с линейными гибридами.

Успехи, свеклосахарной промышленности в России, которые были достигнуты в последнее время, стали возможными благодаря внедрению современных агротехнологий выращивания сахарной свеклы, инновационных технологий выращивания сахарной свеклы и инновационных технологий переработки сахарной свеклы, а также благодаря факторам, связанным с импортом семенного материала и зарубежной техники для выращивания и уборки сахарной свеклы. Анализ модели отечественного свеклосахарного комплекса выявил необходимость ее модификации, а также указал на необходимость переориентации моделей исследования и разработки российских свекловодов.

По данным В.Г. Кайшева, С.Н. Серегина, А.В. Корниенко (2017) еще в начале 2000-х годов были сделаны усилия изменения модели, а именно:

- улучшение свекловичного хозяйства сахарной свеклы
- применение отечественных сортов и гибридов отечественной селекции для обеспечения высоких урожаев и хороших технологических параметров посевов сахарной свеклы;
- улучшение технологических характеристик корнеплодов.

Для решение данной задачи необходимо было восстановить посевные площади до 1,4-1,5 млн га. Мероприятия подпрограммы нацелены на увеличение урожайности сахарной свеклы в среднем до 40 т/га, сахаристости

до 16–17 %, производства сахара с одного гектара – до 7–8 т (при достигнутом уровне 5,5 т).

В процессе многолетней истории семеноводства эволюционные события формировались по мере развития научных достижений в области генетики, селекции и практики выращивания семян.

Со временем в разных климатических зонах сложились и существуют до сих пор различные приемы семеноводства, три из которых наиболее распространены:

1) высадочный способ (весенняя посадка корнеплодов, выращенных в прошлом году);

2) безвысадочный (августовский срок посева с оставлением мелких корнеплодов на перезимовку в поле);

3) пересадочный способ, когда штеклинги от летнего срока посева свежесобранных семян осенью не убирают, а оставляют в поле, а следующей весной высаживают (пересаживают) в поле для цветения и формирования семян очередного поколения и, таким образом, ускоряя процесс семеноводства.

Семена сахарной свеклы (соплодия или «клубочки» у многосемянных форм и плоды или «плодики» (у односемянных), в отличие от семян других технических культур, например, рапса, подсолнечника не используют ни на какие другие цели, кроме посева. В соцветиях семенных растений они различаются по степени зрелости, так как бутоны и цветы формируются в разное время – с разницей до недели в пределах растения и до двух-трех недель – в пределах группы растений. Свежесобранный ворох семян содержит до 20% и более незрелых семян и какое-то количество растительных отходов.

Семена отражают собой реализованные (или частично реализованные) наследственные признаки и свойства генотипа через такие факторы:

- селекционно-генетические особенности (свойства компонентов скрещивания, тип гибрида);

- применяемую технологию и место выращивания оригинальных, базисных и гибридных семян;
- технологию заводской предпосевной подготовки семян.

Сахарная свекла – перекрестно опыляемое растение и этим определяется главное требование к семеноводству: соблюдение пространственной или принудительной изоляции между родительскими формами и разными образцами.

Таким образом, потенциальные особенности гибрида могут быть реализованы только через высококачественные семена, и даже самый продуктивный по генотипу гибрид снижает урожай и сахаристость при использовании семян, выращенных с нарушениями и недостаточно подготовленными на семенном заводе.

В зависимости от используемых вариантов значение каждого из факторов, включая технологические процессы, влияет на продуктивность и рентабельность свекловодства в больших пределах. Так, селекционно-генетический фактор, в зависимости от варианта создания гибрида, может увеличить или снизить продуктивность на 10-12 и более процентов, а рентабельность – на 50 и более процентов за счет изменения других факторов. Технология выращивания семян оказывает влияние на 15-20 и более процентов по продуктивности и более 50 % - по рентабельности.

Подготовка семян на заводах влияет на продуктивность в пределах 20-25 и более процентов. Еще большее, если не сказать – решающее влияние на фенотипические признаки маточных корнеплодов и семян оказывает технология выращивания корнеплодов в фабричных посевах. Именно на этом этапе можно ожидать повышения уровня рентабельности при сравнении разных гибридов. Величина продуктивности любых гибридов зависит не только от их генотипа, но и от семеноводческой работы, от агротехники. По существу, суммарные потери (снижение урожайности, в зависимости от учитываемого фактора и варианта) наблюдаются при сравнительных опытах,

когда одновременно контролируется продуктивность и другие свойства гибридов отечественной и зарубежной селекции [105; 110; 127; 169; 196; 202].

Очень многое зависит от применяемой технологии семеноводства [201]. Сахарная свекла относится к числу культур с высоким коэффициентом размножения. Главное внимание в семеноводческих хозяйствах должно быть обращено на следующие фенотипические показатели:

- формирование оптимальной густоты насаждения маточной свеклы, в зависимости от приема выращивания корнеплодов;
- снижение или полное устранение потерь при уборке;
- сохранение корнеплодов во время осенне-зимнего хранения;
- оптимальная густота насаждения растений на втором году жизни;
- посевные качества семян (плодность, всхожесть и др.).

Промежуточным звеном между семеноводческими хозяйствами и потребителями семян является семенная завод. Его функция – доведение семян любых категорий до кондиций, удовлетворяющих соответствующие требования ГОСТа и обеспечение семенами хозяйств, занимающихся выращиванием компонентов или гибридных семян. Формирование гибридных семян завершается в семеноводческих хозяйствах, использующих базисные семена (компоненты) и это накладывает на них особую ответственность. Именно здесь важно выдержать соотношение компонентов при посадке, добиться синхронности цветения компонентов скрещивания, осуществить раздельную уборку: сначала отцовского компонента (обычно – измельчение стеблей), а затем скашивание и обмолот комбайном материнского компонента.

Убранные и предварительно очищенные от примесей семена (ворох) поступают для окончательной доработки на семенной завод. Отсюда, после предпосевной подработки, семена поступают в хозяйства для посева на фабричные цели.

Как правило, семена сахарной свеклы сначала выращивают в научных учреждениях - оригинаторах (предбазисные компоненты), а затем дважды размножают по схеме: базисные семена – обработка на семзаводе, - гибридные

семена F1 – обработка на семенном заводе. Компоненты любого генотипа, а значит и любой плодности и плоидности, стерильности и фертильности, с учетом устойчивости (толерантности) к болезням и гербицидам сначала размножают и подрабатывают строго изолированно. И только на последнем этапе, в семеноводческом хозяйстве, высаживают в заданном селекционерами соотношении (обычно 4:1) для формирования гибридных семян первого поколения F1. Организационная схема и этапные работы представлены в таблицах 58 и 59.

Таблица 58 – Организационная схема семеноводства сахарной свеклы

Место выращивания	Свекла 1-го года жизни (на маточные корнеплоды)	Свекла 2-го года жизни (на семена)	Наименование выращенных семян
Селекционное учреждение	Селекционные питомники размножения компонентов гибрида (отдельно отцовские и материнские формы)	Строго изолированное выращивание семян родительских форм	Предбазисные (оригинальные) родительские формы: МС компоненты; О-типы и отцовские ММ-формы)
Специализированное семхозяйство	Репродукционный посев предбазисных семян (отдельно по компонентам)	Изолированное выращивание родительских форм с удалением после цветения линий О-типа	Базисные семена: (МС-компоненты и отцовские ММ-формы)
Семеноводческие хозяйства	Маточный посев базисными семенами отдельно каждого родительского компонента	Посадка (или посев, в случае безвысадочного способа) чередующимися рядами компонентов с удалением после цветения отцовской формы	Гибридные семена F <sub>1</sub>

Таблица 59 – Основные этапы семеноводства сахарной свеклы

1 этап. Поддержание компонентов на уровне предбазисных (оригинальных) семян					
Материнские односемян. МС-линии, mm		Линии О-типа в чистоте, mm (без скрещивания с МС)		Отцовские ММ- линии (опылители)	
Уч.1: МС <sub>1</sub> x ОТ <sub>1</sub>	Уч.2: МС <sub>2</sub> x ОТ <sub>2</sub>	О-тип 1	О-тип 2	ММ 1	ММ 2
2 этап. Выращивание базисных семян в НИУ или спецсемхозах					
Материнские односемянные МС-линии, mm		Отцовские многосемянные ММ- линии			
МС 1 (4 ряда) x О-тип 1 МС 1 (4 ряда) x О-тип 2 сингл-кросс F <sub>1</sub> (2 ряда) и т.д.		Линия ММ			
3 этап. Получение гибридных семян в семеноводческих хозяйствах					
МС -линия (16 рядов) – пропуск 1 ряд – ММ линия (4 ряда) – пропуск 1 ряд или: МС сингл- кросс F <sub>1</sub> (16 рядов) – пропуск 1 ряд – ММ (линия ) (4 ряда) – пропуск 1 ряд или: МС- линия (8 рядов) – пропуск 1 ряд - ММ линия (2 ряда) - пропуск - 1ряд					и т.д.

*Примечание:* знак X означает скрещивание (гибридизация) компонентов в период цветения.

В таблице 60 представлен один из вариантов схемы семеноводческой работы с гибридами на основе ЦМС. Условные обозначения на схеме:

МС- мужскостерильная линия;

АнЗС – линия аналог, закрепляющая ЦМС, толерантная к церкоспорозу и глифосату; НЗС – неродственный закрепитель стерильности;

Оп (ГМС ММ и ММ) – многосемянные линии-опылители, компоненты гибрида;

F<sub>1</sub> – семена МС-гибрида.

Таблица 60 – Схема семеноводческой работы с тройными гибридами, на основе ЦМС

Учреждение	Год (этап)	Приемы, компоненты
НИИ, опытные станции	1-й	Раздельное выращивание корневого материала различного происхождения
НИИ, опытные станции	2-й	Получение семян различных линий в чистоте 1) МС х АНЗС, 2) НЗС, 3) ММ Оп
Специальные элитно-семеноводческие хозяйства	3-й	Выращивание корневого материала из семян, поступивших от опытных учреждений
Специальные элитно-семеноводческие хозяйства	4-й	Получение семян простого гибрида (МС х НЗС) F <sub>1nr</sub> и линий-опылителей ММ Оп (в чистоте)
Семеноводческие хозяйства	5-й	Выращивание корневого материала из семян, поступивших от элитных хозяйств
Семеноводческие хозяйства	6-й	Получение F <sub>1</sub> семян-компонентов тройного гибрида на основе ЦМС (МС х НЗС) х ОпММ (или Мм) = F <sub>1</sub>

Таким образом, в научных учреждениях ежегодно поддерживают при строгой изоляции генотипы компонентов гибрида: МС-форма, ЗС (родственный закрепитель стерильности) и НЗС (неродственный закрепитель стерильности О-типа, используемый для получения семян сингл-кросса). В элитсемхозы поступают семена трех компонентов – МС, НЗС и ОП ММ для размножения в чистоте. После скрещивания МС х НЗС в семеноводческие хозяйства передаются семена F<sub>1</sub> простого гибрида (МС х НЗС) и отцовского компонента. Здесь получают первое поколение семян тройного гибрида (МС х НЗС) F<sub>1</sub> х ОпММ, которые реализуют потребителям для выращивания фабричной свеклы.

Учитывая двухлетний цикл роста и развития сахарной свеклы, семеноводство имеет длительный временной период (6-9 лет). Многолетний

технологический цикл производства семян сахарной свеклы – от оригинальных до гибридных семян – является одной из особенностей семеноводства этой культуры, затрудняющей оперативность реагирования на изменения в востребованности того или иного гибрида.

Проведение комплексных научных исследований включено в основной раздел подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства сахарной свеклы» (КПНИ). В его рамках предусматривается проведение исследований по следующим направлениям:

1. Селекция новых перспективных гибридов сахарной свеклы с заданными хозяйственно-ценными признаками (традиционная селекция с включением методов маркероориентированной и геномной селекции).

2. Эколого-географические испытания (ЭГИ) гибридов сахарной свеклы в 2020– 2025 гг. Планируется провести ЭГИ не менее 50 гибридов сахарной свеклы в трех разных почвенноклиматических зонах с целью выявления перспективных отечественных гибридов культуры, наиболее стабильных и востребованных для последующего внедрения в производство.

3. Разработка технологической платформы для маркероориентированной и геномной селекции сахарной свеклы. Планируется разработка новых ДНК-маркеров к селекционно значимым генам (ценным аллельным вариантам генов), необходимых для массового и эффективного применения маркероориентированной селекции, формирование и расширение библиотеки ДНК-маркеров.

4. Геномное редактирование сахарной свеклы: разработка методов и подходов, оценка перспектив использования в сельском хозяйстве России. Намечена разработка методов редактирования генома отечественных гибридов сахарной свеклы на основе технологии CRISPR/ Cas9 с целью получения растений с улучшенными характеристиками продуктивности и технологичности при уборке и переработке.

5. Первичное семеноводство перспективных гибридов сахарной свеклы. Запланировано создание фонда семенного материала суперэлиты и элиты перспективных гибридов сахарной свеклы отечественной селекции.

6. Производственные испытания гибридов сахарной свеклы в 2020–2025 гг. Будут апробированы технологии отбора наиболее пластичных гибридов сахарной свеклы, обеспечивающие высокую экономическую эффективность свекловодства при вариации антропогенных и природно-климатических факторов.

7. Сохранение и развитие генетических коллекций сахарной свеклы как основы для создания новых отечественных гибридов. Запланировано формирование рабочих коллекций клонов диких и культурных видов свеклы. Формирование на базе коллекций центров коллективного пользования для различных участников селекционного процесса.

8. Мониторинг и изучение болезней и вредителей сахарной свеклы, разработка методов диагностики и борьбы с болезнями и вредителями сахарной свеклы. Планируется разработка геномных методов диагностики, мониторинга и изучения болезней и вредителей листового аппарата и корнеплодов сахарной свеклы.

9. Разработка эффективных технологий защиты сахарной свеклы. Будут исследованы современные химические и биологические средства, обеспечивающие защиту сахарной свеклы от патогенов, вредителей, абиотических стрессов, обладающие ростостимулирующим эффектом, а также разработаны технологические регламенты их использования [105].

Этапы семеноводства и факторы, влияющие на количество и качество семян и состояние рынка семян свидетельствует о том, что Российская Федерация продолжает находиться в зависимости от импортных поставок семян. Повысить конкурентоспособность гибридов отечественной селекции в среднесрочной перспективе, наряду с усилением селекционно-генетических исследований, возможно и за счет применения высоких агротехнологий выращивания семян и более тщательной заводской их подготовки.

Основной акцент следует сосредоточить на финансировании и ответственности исполнителей и соисполнителей.

Пути решения проблемы селекции и семеноводства сахарной свеклы на примере видятся в следующем:

1. Развитие новых направлений селекции, обеспечивающих повышение рентабельности и переход к биотехнологическим приемам семеноводства и возделывания коммерческих посевов путем импортозамещения зарубежных гибридов на отечественные биотехнологические гибриды.

2. Государственная и частная поддержка производства оригинальных, базисных и гибридных семян отечественной селекции. Субсидирование затрат при создании и выращивании семян компонентов гибридов (соотн. гос./частн.: оригинальных – 50/50 %, базисных – 40/60 %, гибридных семян F1 20/80 %).

3. Создание интегрированных государственно-частных холдингов и разработка механизма участия заинтересованных компаний в финансировании затрат, связанных с селекцией и семеноводством, закупкой семян сахарной свеклы.

4. Организация семеноводческих предприятий и льготное кредитование на длительный период обновления материально-технической базы селекционно-семеноводческих предприятий и семенного завода.

5. Повышение координации селекционно-семеноводческих исследований и работ, расширение объема производства семян сахарной свеклы и организация системы маркетинга и продаж, в т.ч. системы заказов на производство семян различных категорий.

6. Для повышения эффективности селекционно - семеноводческого процесса и конкурентоспособности гибридов сахарной свеклы отечественной селекции необходимо:

- выделение средств в рамках нацпроекта развития АПК из федерального т регионального бюджетов на поддержание селекционно-семеноводческих работ (научные исследования, кадровый состав, приборы, специальное оборудование и техника);

- для продвижения отечественных гибридов сахарной свеклы разработать для хозяйств, выращивающих сахарную свеклу, обязательный порядок посева на первом этапе 10-25 % площадей отечественными гибридами сахарной свеклы;

- в целях повышения эффективности селекционно-семеноводческой работы, сокращение сроков создания и репродуцирования конкурентноспособных гибридов сахарной свеклы, для обеспечения сахарных заводов качественным свеклосырьем, разработать и предложить компаниям, владеющим сахарными заводами, механизм их непосредственного участия в финансировании затрат, связанных с селекцией и семеноводством сахарной свеклы;

- разработать и осуществить сочетание государственного и частного финансирования НИР и хозяйств, производящих оригинальные (предбазисные), базисные (элитные) и гибридные (F1) семена отечественной селекции.

8. При проведении конкурсов (аукционов) на аренду земель, принадлежащих краю и муниципалитетам, включить пункт о покупке отечественных семян сахарной свеклы в размере не менее 20 % от площади сева сахарной свеклы в конкретном хозяйстве на льготных условиях в случае участия в финансировании работ по селекции и семеноводству.

Представленная обновленная схема семеноводства несомненно ускорит реализацию программных мероприятий и обеспечит долю отечественных семян Российской селекции к 2025 году в структуре посевов не менее чем 40 %, а объем производства семян позволит довести до 260 тыс. посевных единиц в год.

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Экономическая эффективность сельского хозяйства является одной из актуальных проблем, решение которой открывает дальнейшие возможности для ускорения темпов развития и надежного снабжения страны сельскохозяйственной продукцией [13, 83, 93, 100].

Расчет экономической эффективности выращивания сахарной свеклы позволяет выбрать не только технологию возделывания, но и гибрид, которые должны обеспечить получение высоких урожаев качественной продукции с минимальными затратами на ее производство.

В данной работе, при расчете экономической эффективности, использовались методические рекомендации по определению экономической эффективности научных разработок в земледелии. Величина производственных затрат рассчитана по технологическим картам с учетом затрат на удобрения, пестициды и семена.

Экономическая и организационная оценка результатов опыта осуществляется с помощью системы показателей, к основным из них относятся:

- урожайность;
- стоимость валовой продукции с гектара;
- производственные затраты;
- себестоимость одной тонны продукции;
- чистый доход с гектара;
- уровень рентабельности.

Стоимость валовой продукции (СВП) рассчитывали путем умножения цены реализации за одну тонну на урожай с одного гектара.

$$\text{СВП} = \text{Цз} \times \text{У}, \quad (7)$$

Где: Цз – закупочная цена, руб.;

У – урожайность, т/га;

СВП – стоимость валовой продукции с 1 га, руб.

Цена реализации корнеплодов сахарной свеклы определена по данным за 2020 год, которая в среднем по сахарным заводам составила 2000 руб. за тонну.

Различная величина производственных затрат, рассчитанная по технологическим картам, связана с дополнительными затратами на уборку, транспортировку, доработку дополнительного урожая и различной стоимостью посевного материала.

Себестоимость (Сс) – выражение в денежной форме текущих затрат на производство одной тонны продукции. Определялась путем деления производственных затрат на один гектар на урожайность:

$$Cс = Пз / У, \text{ руб.} \quad (8)$$

Чистый доход (ЧД) – часть стоимости валового продукта, создаваемого прибавочным трудом. Чистый доход рассчитывался как разница между стоимостью валовой продукции (СВП) и затратами, которые пошли на ее производство (Пз):

$$ЧД = СВП - Пз, \text{ руб.} \quad (9)$$

Рентабельность представляет собой итоговый показатель экономической эффективности производства. Рентабельность означает доходность, прибыль, целесообразность с хозяйственной точки зрения. Норма рентабельности (Нр) рассчитывалась как процентное отношение чистого дохода к производственным затратам:

$$Нр = ЧД / Пз \times 100 \% \quad (10)$$

Результаты наших исследований представлены в таблице 61.

Таблица 61 – Экономическая и биоэнергетическая эффективность выращивания гибридов сахарной свеклы, 2014 г.

Показатель	Гибрид					
	Кубанский МС 95, st	Кубанский МС 91	Кубанский МС 92	Кубанский МС 95	Вектор	Успех
Урожайность, т/га	41,2	42,3	44,1	45,6	48,3	44,0
Прибавка урожайности к sty, т/га	±0,0	1,1	2,9	4,4	7,1	2,8
Средняя цена реализации, руб./т	1600	1600	1600	1657	1657	1657
Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га	65,9	67,7	70,6	75,6	80,0	72,9
Производственные затраты, тыс. руб./га	29,9	30,0	30,1	30,1	30,2	30,0
Себестоимость 1 т корнеплодов, руб.	725,7	709,2	682,5	660,1	625,3	681,8
Чистый доход, тыс. руб./га	36,0	37,7	40,5	45,5	49,8	42,9
Уровень рентабельности, %	120,4	125,7	134,6	151,2	164,9	143,0
Выход энергии с 1 га, ГДж	231,7	237,9	247,5	252,0	271,0	245,9
Затраты совокупной энергии на 1 га, ГДж	47,0	48,2	50,3	52,0	55,0	50,2
Приращение энергии, ГДж	184,7	189,7	197,2	200,0	216,0	195,7
Коэффициент чистой эффективности	3,92	3,74	3,92	3,80	3,93	3,80

*Примечание:* расчет экономических показателей произведен по усредненной закупочной цене (2017-2020 гг.)

Как показали наши исследования, гибриды сахарной свеклы Кубанский МС 95 и Вектор более урожайны не только в сравнении со stom, но и другими изучаемыми гибридами. Прибавка их урожайности варьировала от

10,6 до 17,2 %, в сравнении со *stom*, а у остальных гибридов – от 2,6 до 7,0 %. У гибридов Кубанский МС 95, Вектор и Успех в среднем на 0,5 % была выше сахаристость. Все это способствовало повышению экономической эффективности их возделывания. Себестоимость 1 тонны корнеплодов у них снизилась на 65,6; 104,4 и 43,9 рублей в сравнении со *stom*, а у гибридов Кубанский МС 91 и Кубанский МС 92 на 16,5 и 43,2 рублей соответственно. Чистый доход у всех вариантов был выше, чем у *sta*, но самый высокий у нового гибрида Вектор (49,8 тыс. руб./га), второе место у Кубанского МС 95 (45,5 тыс. руб./га), третье – у Успеха (42,9 тыс. руб./га). Соответственно, уровень рентабельности у этих гибридов выше *sta* на 44,5; 30,8 и 22,6 %.

Результатом биоэнергетической оценки выращивания гибридов свидетельствуют о том, что наибольший выход энергии зафиксирован при выращивании гибрида Вектор (271 ГДж на 1 га), а наименьший – при выращивании гибрида Кубанский МС 95 (232,7 ГДж на 1 га). Затраты совокупной энергии увеличивались по мере увеличения урожайности и самыми высокими они были при выращивании гибрида Вектор. Однако у этого гибрида приращение энергии было выше, чем у других и составило 216 ГДж, а коэффициент чистой эффективности составил 3,93, что практически на уровне стандарта и гибрида Кубанский МС 92, у которых выход и приращение энергии были меньше.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщение экспериментально полученных данных позволило заключить:

1. Нашими исследованиями установлено, что главным направлением в селекционных и семеноводческих исследованиях по сахарной свекле было создание, оценка и использование исходного материала, обладающего цитоплазматической мужской стерильностью (ЦМС).

2. Анализ полученных материалов позволил установить фенотипическое проявление основных форм стерильности, показано влияние различных факторов на генотипические особенности и усовершенствована методика подбора самофертильных линий, что позволило ускорить создание линий закрепителей стерильности с односемянностью и полной стерильностью.

3. Исследованиями установлено, что в качестве отцовских компонентов скрещивания новых гибридов наиболее целесообразно использовать многосемянные комбинационно способные линии. Создание высокопродуктивные гибриды в ходе нашего эксперимента с применением односемянных линий опылителей сахарной свеклы были безрезультативными.

4. Показано, что основными критериями пригодности линий в качестве родительских компонентов в скрещиваниях в процессе создания новых гибридов являлись их комбинационная способность (но не собственная продуктивность линий, как считалось раньше) устойчивость к церкоспорозу и гербицидам, что позволяет существенно снизятся затраты на производство, риски нанесения вреда для сахарной свеклы и окружающей среды путем уменьшения пестицидной нагрузки.

5. В ходе исследований нами созданы константные линии-доноры сахарной свеклы устойчивые к церкоспорозу, холодовому стрессу и гербицидам: СКЛ ОТ 4936, СКЛ ОТ 12122; МС аналоги СК МС 4935, СК МС 12169, СК МС 27038; линии-опылители СКЛ 5121П96, СКЛ 10185, СКЛ 10632 и СКЛ 6279.

6. Используя созданные комбинационно-способные линии-доноры хозяйственно-ценных признаков нами получены высокопродуктивные гибриды сахарной свеклы, устойчивые к церкоспорозу: Кубанский МС 95, Успех, Азимут, Рубин, Карат, Первомайский, которые включены в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации. Нами переданы в Государственное испытание новые гибриды сахарной свеклы: Фрегат, Корвет и Престиж.

7. Впервые нами получены толерантные к глифосату МС линии ТМС 8-93, ТМС 3-127 и линии-опылители Топ 2-94, Топ 3-99 и Топ Кр 24 с устойчивостью растений к глифосату в пределах 84-100 %.

8. На основе созданных толерантных к глифосату стерильных линий ТМС 8-93 и ТМС 3-127 в процессе гибридизации с толерантными линиями-опылителями, были получены первые устойчивые к глифосату гибриды сахарной свеклы. Наиболее продуктивным с устойчивостью 98 % в станционных испытаниях в 2018-2020 гг. показал себя гибрид с каталожным номером 1385.

9. После четырех циклов самоопыления sibсового размножения и гибридизации устойчивость к глифосату передана наиболее ценным комбинационно способным церкоспороустойчивым линиям сахарной свеклы с каталожными номерами 1410, 1411, 1417, 1418, 1419 и 1424. Эти линии включены в программы для оценки их по общей и специфической комбинационной способности.

10. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по урожайности, сахаристости и сбору сахара позволили выявить долю влияния факторов на эти признаки и отобрать лучшие тестеры и линии-опылители. Установлена роль МС-тестера и опылителя и доля влияния МС-тестера (фактор А) на сбор сахара составила 86,67 %, а фактора В (опылитель) только 10,93 %.

11. В результате исследований нами созданы новые рентабельные гибриды с ускоренной схемой семеноводства на основе гибридов нового

поколения константных линий О-типа, МС линий, линий опылителей с использованием методов традиционной классической селекции и биотехнологических способов.

12. Нами разработана новая технология семеноводства для биотехнологических гибридов, позволяющая начать процесс семеноводства созданных гибридов Кубанский МС 95, Успех, Азимут и Рубин, что дает возможность воспроизводства собственных семян сахарной свеклы для сельхозпроизводителей.

13. В результате исследований показано, чтобы повысить конкурентоспособность гибридов сахарной свеклы кубанской селекции в среднесрочной перспективе, наряду с усилением селекционно-генетических исследований, необходимо также применения высоких технологий выращивания семян и более тщательной заводской предпосевной их подготовки.

14. Созданные нами гибриды прошли производственную проверку в условиях Краснодарского и Ставропольского краев. Установлено различная реакция этих гибридов на приемы основной обработки почвы. В первой половине вегетационного периода (до 1 августа) показатели продуктивности у всех изучаемых гибридов были выше при проведении вспашки.

Однако в последующем такой прием обработки нивелировался и к октябрю наибольший уровень продуктивности всех гибридов получен в варианте, где применялась обработка почвы с почвоуглублением (чизелеванием). И эти изменения были математически достоверны по величине урожайности и сбора сахара с единицы площади. Наибольшая продуктивность установлена у гибридов кубанской селекции: Кубанский МС 95, Кубанский МС 93 и Кубанский МС 74, а зарубежной селекции – Каньон, Крокодил, Яполи, Орикс, Адидже, Цетра.

15. В ходе эксперимента установлено, что в качестве основного приема подготовки почвы в семеноводческих и производственных посевах рекомендуется поверхностная обработка почвы на глубину 10-12 см с

последующим чизелеванием на глубину 38–40 см. Установлено, что запасы продуктивной влаги в двух метровом слое почвы на варианте со вспашкой были меньше, по сравнению с делянками, где проводилась поверхностная обработка почвы с почвоуглублением в начале, середине и в конце вегетации на 11, 27 и 23 % соответственно. Запасы влаги в варианте только с поверхностной обработкой почвы имели промежуточные показатели.

16. Результаты нашего эксперимента показали, что гибриды кубанской селекции поражались гнилями в среднем в 2–3 раза меньше по сравнению с зарубежными аналогами. Меньшая поражаемость этим заболеванием отмечена на вариантах с применением чизелевания.

17. Применяя традиционные приемы генетических и селекционных подходов получены обнадеживающие результаты по созданию принципиально новых биотехнологических гибридов сахарной свеклы. Уточнены схемы наследования устойчивости к глифосату у комбинационно-способных отдельноплодных и сростноплодных линий сахарной свеклы.

Подтверждена высокая степень устойчивости к глифосату у церкоспороустойчивых линий – доноров ТОР 3-99 и Топ Кр 24. В конкурсном и экологическом испытаниях высокую комбинационную способность показали отдельноплодные линии ТМС 8-93 и ТМС 3-127. В экологическом испытании при механизированной уборке средняя урожайность биотехнологических гибридов составила 65,5 т/га.

18. Установлено, что экономически наиболее выгодно и энергетически целесообразно выращивание гибридов Кубанский МС 95 и Вектор. Это позволит получать приращение энергии 200 и 216 ГДж, чистого дохода 45,5 и 49,8 тыс. руб./га при норме рентабельности 151,2 и 164,9 % соответственно.

Показана возможность повышения экономической эффективности производства сахарной свеклы за счет существенного снижения затрат на приобретение гербицидов и более высокой продуктивности биотехнологических гибридов.

19. По результатам проведенных исследований разработана технология (рекомендация) по выращиванию биотехнологических гибридов и создана ускоренная технология выращивания семян сахарной свеклы в семеноводческих и производственных посевах. Передано в экологическое и производственное испытание первый биотехнологический толерантный к церкоспорозу и глифосату гибрид с каталожным номером 1385.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ, СЕМЕНОВОДСТВА И ПРОИЗВОДСТВА

1. Использовать в качестве доноров ценных признаков раздельноплодные линейные закрепители стерильности СКЛ ОТ 4936, СКЛ ОТ 12122, МС аналоги СК МС 12169, СК МС 4935, СК МС 27038, толерантные к глифосату ТМС 8-93, ТМС 3-127, а так же сростноплодные линии-опылители СКЛ 5121П96, СКЛ 10182, СКЛ 10632, СКЛ 6279 и толерантные к глифосату линии Топ 3-99 и Топ Кр 24.

2. В семеноводстве сахарной свеклы использовать разработанный способ эффективного отбора линий и оценки гибридов сахарной свеклы на ранних этапах роста и развития растений.

3. В свеклосеющих хозяйствах Южного региона России использовать высокопродуктивные гибриды сахарной свеклы: Кубанский МС 95, Успех, Азимут, Рубин и Первомайский. Применять в производстве технологию ускоренного выращивания семян новых гибридов сахарной свеклы.

4. Рекомендуется в семеноводческих и производственных посевах в качестве основного приема подготовки почвы поверхностная обработка почвы на глубину 10–12 см с последующим чизелеванием на глубину 38–40 см.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаева М. Г. Экспериментальная эволюция / М.Г. Агаева // – Л.: ЛГУ, 1978. – 270 с.
2. Агроклиматический справочник по Краснодарскому краю. – Краснодар: Кн. Изд-во. –1961. –467 с.
3. Адаптивные реакции культурных растений на биологический и абиотический стрессы / М.А. Зарубина [и др.] // С.-х биология, 1988. - № 2. – С. 111-117.
4. Адаптация сортов и гибридов к разным формам минерального питания /К.А. Кузнецов [и др.] // Сахарная свекла. – 2009. – № 9. – С. 19-26.
5. Алексеева Е. Н. «Быстрая» оценка взаимодействий сорт и среда / Е.Н. Алексеева, А.В. Сидоров// Бюл. ВИР. – 1987. – Вып. 168. – С.32-38.
6. Бабьяж И. А. Создание опылителей О-типа /И.А. Бабьяж // Сахарная свекла. – 1983. – № 1. – С.24-28.
7. Балан В. П. Разнокачественность семян / В.П. Балан // Сахарная свекла. – М., 2000. - № 3. – С. 15-17.
8. Балков И. Я. Цитоплазматическая мужская стерильность сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.,) Фенотипическое проявление, генетические особенности и селекционное использование: автореф. дис... докт. биол. наук / И.Я. Балков – Воронеж– 1975. – 42 с.
9. Балков И. Я. ЦМС сахарной свеклы / И.Я. Балков // – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 239 с.
10. Балков И. Я. Новый этап эволюции сахарной свеклы: от урожайности и сахаристости гибридов к рентабельности их возделывания / И.Я. Балков, А.В. Логвинов, В.Н. Мищенко // Сахарная свекла. – 2017. – № 10. – С.8-13.
11. Бартенев И. И. Зависимость физико-механических свойств маточных корнеплодов сахарной свеклы от размерно-массовых характеристик / И.И. Бартенев, И.И. Амелин // Научное обеспечение свекловодства в России:

материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ВНИИСС. – Воронеж: Истоки, 2003. – С. 100-102.

12. Бартенев И. И. Качественные показатели сырья свеклосемян и методика их определения / И.И. Бартенев, В.С. Пивоваров, С.А. Козлов // Сахарная свекла. – 2010. – № 7. – С. 26-28.

13. Баутин В. М. Актуальность разработок точных агротехнологий на современном этапе / В.М. Баутин// Известия Тимирязевской с.-х. академии. Вып. 2. – М.: из-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2009. – С. 32-38.

14. Бедренко А. И. Применение инцухт метода, индивидуально-родового отбора и метода беккроссов для создания новых исходных односемянных материалов сахарной свеклы и их селекционно-генетическое изучение: автореф. дисс. канд. с.-х. наук. /А.И. Бедренко– Киев. – 1989. – 22 с.

15. Безлер Н. В. Влияние фунгицида Альто Супер и штамма *Bacillus subtilis* 20 на численность бациллярных форм спорообразующих аэробных бактерий и микромицетов в филлоплане и урожайность сахарной свеклы / Н.В. Безлер, А.А. Сеницын, Б.Л. Агапов // Агрехимия. – 2012. – № 8. – С. 25-30.

16. Биотехнологические гибриды сахарной свеклы /А.В. Логвинов [и др.] // Сахарная свекла. – 2020. – № 3. – С. 2-7.

17. Богачева Н. Н. Инновационные приемы молекулярной селекции сахарной свеклы / Н.Н. Богачева, Т.П. Федулова, А.А. Налбандян // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – №. 2. – С. 15-18.

18. Богомолов М. А. Апомиксис – эволюционный путь в селекции сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) / М.А. Богомолов// Сахарная свекла. – М., 2010. – № 2. – С. 32-34.

19. Богомолов М. А. Возможности создания ГМ гибридов сахарной свеклы в России / М.А. Богомолов // Сахарная свекла. – 2017. – № 5. – С. 6-9.

20. Бордонос М.Г. Особенности наследования односемянности плодов у гибридов первого поколения сахарной свеклы /М.Г. Бордонос // Вестник с.-х. науки. – 1966. – № 12.– С.47-53.

21. Борлоуг Н. Э. Семена возможностей: перспектива сельскохозяйственной биотехнологии //Режим доступа: <http://www.esolife.ru/jornal/econ/2001-4-1.shtml>. – 2001.
22. Бороевич С. Принципы и методы селекции растений / С. Бороевич // М.: Колос. – 1984. – 334 с.
23. Бригс Ф. Научные основы селекции растений /Ф. Бригс, П. Ноулз// М.: Колос, 1972. – 339 с.
24. Бурдун А. М. Типы экологической адаптивности сортов растений/ А.М. Бурдун, Л.М. Лопатина, М.Г. Товара// Тр. Куб. СХИ. – 1993. – Вып. III. – С. 7-15.
25. Буренин В. И. Генетика свеклы /В.И. Буренин, И.А. Шевцов// В кн. Генетика культурных растений. – Л.: Агропромиздат. – Ленингр. отд-ние, 1990. – С. 135-163.
26. Буренин В. И. Генотипический состав коллекции свеклы / В.И. Буренин, И.В. Мороз // Сахарная свекла. – М., 2006. – № 3. – С. 55-57.
27. Бычкова В. А. Селекционно-генетическое изучение и использование инбредных линий сахарной свеклы при создании гетерозисных гибридов на фертильной основе: автореф. дис... канд. с.-х. наук. / В.А. Бычкова.– Санкт-Петербург. – 1993. – 22 с.
28. Бятец М. В. Влияние типов материала индивидуального изолятора растения на завязываемость семян и некоторые хозяйственно-ценные признаки линий подсолнечника / М.В. Бятец // Научно-техн. Бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 2001. – С. 51-54.
29. Вавилов Н. И. Селекция как наука / Н.И. Вавилов // Теоретические основы селекции. – М.: Сельхозгиз. – 1935.– 365 с.
30. Вавилов Н. И. Метод инцухта /Н.И. Вавилов// Избр. соч. – М.: Колос. – 1966.– 256 с.
31. Вальков В. Ф. Почвоведение (почвы Северного Кавказа): учебник для вузов / В.Ф. Вальков, Ю.А. Штомпель, В.И. Тюльпанов//. – Краснодар: Советская Кубань. – 2002. – 728 с.

32. Васильченко Е. Н. Технология создания реституционных линий сахарной свеклы / Е.Н. Васильченко // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – №. 1. – С. 56-64.

33. Васильченко Е. Н. Молекулярно-генетическая оценка растений-регенерантов сахарной свеклы в культуре *in vitro* / Е.Н. Васильченко, Н.А. Карпеченко // Сахар. – 2018. – №. 2.– С.5-10.

34. Вербицкий В. Л. Семеноводство сахарной свеклы / В.Л. Вербицкий, Н.Г. Гизбуллин. – М.: Колос, 1983. – 136 с.

35. Влияние предшественников и удобрений на урожай и качество сахарной свеклы / Н.К. Шаповалов [и др.] // Земледелие. - 1997. – № 6. – С. 22-23.

36. Влияние сахарной свеклы на продуктивность плодосменного севооборота / Н.А. Кириллов [и др.] // Сахарная свекла. – 2014. - № 6. – С. 42 – 44.

37. Влияние чеканки на продуктивность семенников МС гибридов сахарной свеклы в условиях Краснодарского края /А.В. Логвинов [и др.] // Сахарная свекла. – 2019. – № 8. – С. 10-12.

38. Воблов А. П. Особенности протравливания и использования мелкоплодных семян МС гибридов / А.П. Воблов // Сахарная свекла. – 2005. – № 5. – С. 35-37.

39. Волгин В. В. МС гибриды на Северном Кавказе / В.В. Волгин, В.А. Логвинов// Сахарная свекла. – М., 2000. – № 8. – С. 21-22.

40. Волгин В.В. Гетерозис по всхожести семян / В. В. Волгин, В. А. Логвинов, А.Г. Шевченко, В.А. Дерюгин // Сахарная свекла. – М., – 2006. – № 10. – С. 16-18.

41. Волгин В. В. Научные основы создания раздельноплодных гибридов сахарной свеклы с использованием признака цитоплазматической мужской стерильности / В.В. Волгин // - Краснодар. – 2007. – 307 с.

42. Волгин В. В. Рекуррентный отбор в селекции растений (обзор) // Масличные культуры. – 2012. – №. 1 (150).– С.23-31.

43. Вострухин Н. П. Сахарная свекла / Н.П. Вострухин // - Минск, 2005. – 320 с.
44. Гаврин Д. С. Влияние некорневой подкормки на урожай и качество семян / Д.С. Гаврин, И.И. Бартенев, М.В. Кравец // Сахарная свекла. – 2014. – № 4. – С. 30-32.
45. Гаплоидный партеногенез *in vitro* у сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.): факторы и диагностические признаки / Т. П. Жужжалова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – №. 5.– С.11-17.
46. Гапоненко А. К. – России нужны отечественные ГМ культуры / А. К. Гапоненко// Интервью в газете «Защита растений». – 2014. – № 8(225). – С.23-28.
47. Генетика развития растений /Л.А. Лутова [и др.] // Под ред. член.-корр. РАН С.Г. Инге-Вечтомова. – С. Петербург: Наука, 2000. – 539 с.
48. Генетика сахарной свеклы / С.И. Малецкий [и др.]: Под ред. С.И. Малецкого. – Новосибирск: Наука. - 1984. – 202 с.
49. Генетическая изменчивость родительских форм гетерозисных гибридов сахарной свеклы на основе молекулярных маркеров / Н.Н. Богачёва [и др.] // Сахар, (2017) – № 9. – С.4-10.
50. Генетически модифицированные источники пищи: оценка безопасности и контроль /под ред. В.А. Тутельяна // - М., РАМН. – 2007. – 444 с.
51. Генетические основы селекции растений /О. Ю. Урбанович [и др.] – 2014. –256 с.
52. Герцог К. Итоги работы с раздельноплодной свеклы в ГДР / К. Герцог// Генетика сахарной свеклы. – Новосибирск: Наука, 1984. – С. 65-70.
53. Гизбуллин Н. Г. Совершенствование семеноводства сахарной свеклы с учетом биологических особенностей семенных растений / Н.Г. Гизбуллин, О.В. Кобко // Пути повышения эффективности производства семян сахарной свеклы: сб. науч. тр. / ВНИС. – Киев, 1982. –34 с.

54. Гизбуллин Н. Г. Выращивание семян загущенным способом / Н.Г. Гизбуллин, Г.М. Нагорный // Сахарная свекла. – 1984. – №5. – С. 36-40.
55. Гизбуллин Н. Г. Как качественно посадить маточные корнеплоды / Н.Г. Гизбуллин, И.И. Марьян, В.Н. Крыжко // Сахарная свекла. – 1986. – № 5. – С. 35-37.
56. Гизбуллин, Н. Г. Выращивание семян триплоидных гибридов / Н.Г. Гизбуллин [и др.] // Сахарная свекла. – 1999. – № 4. – С. 11-12.
57. Гизбуллин Н. Г. Актуальные вопросы семеноводства / Н.Г. Гизбуллин // Сахарная свекла. – 1997. – №2. – С. 15-16.
58. Гизбуллин Н. Г. Использование генно-модифицированных растений: за и против / Н.Г. Гизбуллин // Сахарная свекла. – 2014. – № 7. – С. 11-13.
59. Голикова С. А. Состояние и тенденции развития селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в Российской Федерации / С.А. Голикова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – №. 2. – С. 208-216.
60. Гончаренко И. Г. Совершенствовать технологию выращивания элиты / И.Г. Гончаренко // Сахарная свекла. – 1988. – №3. – С. 44-45.
61. Гончаров Н. П. Методические основы селекции растений / Н.П. Гончаров, П.Л. Гончаров // Новосибирск: Гео. – 2009. – Т. 427. – С.56-59.
62. Гончарова О. А. Физиолого-генетический базис устойчивости сельскохозяйственных растений к экстремальным условиям среды / О.А. Гончарова // Тр. по прик. Ботанике, генетике и селекции. ГНЦ РФ ВИР, 2009. – С. 51-56.
63. Горбунов Н. Н. Главный фактор продуктивности / Н.Н. Горбунов, В.И. Манжесов, В.И. Кураков // Сахарная свекла. – 2004. – № 4. – С. 24-26.
64. Горбунова Т. А. Совершенствование приемов технологии производства семян сахарной свеклы: дис. д.-ра с.-х. н. в виде научного доклада / Т.А. Горбунова. – Воронеж, 1995. – 58 с.

65. Грибанова Н. П. Создание, оценка линий О-типа и их МС аналогов в селекции сахарной свеклы на гетерозис: автореф. дис... канд. с.-х. наук. / Н.П. Грибанов – Рамонь.– 1995. – 19 с.
66. Гринько Т. Ф. Инцухт у сахарной свеклы / Т.Ф. Гринько // Свекловодство. – Киев, 1940. – Т. 1.– 158 с.
67. Гужов Ю. Л. Гетерозис и урожай /Ю.Л. Гужов. – М.: Колос, 1969. – 219с.
68. Гужов Ю. Л. Селекция и семеноводство культурных растений / Ю.Л. Гужов, А. Фукс, П. Валичек// М.: Агропромиздат. – 1991. – 463 с.
69. Гуйда В. Н. Сила роста как метод оценки качества семян / В.А. Гуйда // Сельское хозяйство за рубежом. – 1982. - № 5. – С. 25-30.
70. Гуляка М. И. Минимальная обработка почвы в севообороте с сахарной свеклой / М.И. Гуляка // Сахарная свекла. – 2014.-- №8. – С. 18 – 21.
71. Гуреев И. И. Современные технологии возделывания и уборки сахарной свеклы / И.И. Гуреев. - Практическое руководство. - М.: Печатный Город, 2019. - 224 с.
72. Гурьев Б. Н. Адаптивная селекция и методы оценки нормы реакции селекционного материала / Б.Н. Гурьев, А.Л. Зозуля, П.П. Литун // Селекция и семеноводство. – 1987. – Вып. 62. – С. 3-8.
73. Дворянкин Е. А. Продуктивность сахарной свёклы в зависимости от условий питания и чистоты посева / Е.А. Дворянкин, М.С. Ярощук // Сахарная свекла. – 2013. - №1. – С. 22 – 25
74. Денисова Э. В. Наследование самофертильности у сахарной свеклы в различных экологических условиях / Э.В. Денисова, С.И. Малецкий, А.Н. Лутков // Генетика. – М., 1976. – Т. VII. - № 7. – С. 36-41.
75. Дерюгин В. А. Критические периоды развития свекловичных растений на юге России // Сахарная свекла. – 2013. – №. 8. – С. 10-15.
76. Дерюгин В. А. Обзор стресс-факторов свекловичных растений в зоне неустойчивого увлажнения юга России //Научное обеспечение отрасли свекловодства: материалы Международной научно-практической

конференции, посвященной 85-летию РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле» (Несвиж, 28–29 ноября 2013 г.). – Litres, 2017. – С. 229.

77. Дзюба В. А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных / В.А. Дзюба// Краснодар. – 2007. – 76 с.

78. ДНК-технологии в селекции сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) / Т.П. Федулова [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – №. 2. – С. 112-116.

79. Добросотсков В. В. Использование различных форм инбридинга при создании линий сахарной свеклы: автореф. дис... канд. с.-х. наук. / В.В. Добросотсков. – Киев. – 1983. – 19 с.

80. Добротворцева, А.В. Агротехника сахарной свеклы на семена / А.В. Добротворцева. – М.: Агропромиздат, 1986. – 192 с.

81. Долотий Л. А. Изучение общей комбинационной способности самоопыленных линий сахарной свеклы: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Л.А. Долотий. – Киев. – 1984. – 15 с.

82. Долотий Л. А. Применение различных тестеров для оценки ОКС инбредных линий сахарной свеклы / Л.А. Долотий, И.А. Шевцов,

Ф.Н. Парий// Цитология и генетика. – 1984. – Т. 2, Вып. 18.– С.34-41.

83. Доманов Н.М. Продуктивность звена зерносвекловичного севооборота в зависимости от уровня интенсификации возделываемых культур / Н.М. Доманов, П.И. Солнцев, А.С. Закараев // Сахарная свекла. – 2012. – №1. – С. 24 – 26

84. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд. Доп. И переработ. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

85. Драгавцев В. А. Механизмы взаимодействия генотип-среда и гомеостаз количественных признаков / В.А. Драгавцев, А.Ф. Аверьянова // Генетика. – 1983. – Т.19. – № 11. – С. 1806-1810.

86. Драгавцев В. А. Как помочь накормить человечество / В.А. Драгавцев //Биосфера. – 2013. – Т. 5. – №. 3.– С.6-10.

87. Ефремова В. В. Генетика: учебник для сельскохозяйственных вузов / В.В. Ефремова, Ю.Т. Аистова. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 248 с.

88. Жужжалова, Т. П. Репродуктивная биология сахарной свеклы / Т.П. Жужжалова, О.А. Подвигина, Г.И. Ярмолюк – Воронеж: Сотрудничество, 2006. – 232 с.

89. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (экологические основы) / А.А. Жученко: Монография в двух томах. – М.: Изд-во РУДН, 2001. – Т.1. – 780 с.

90. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (экологические основы) / А.А. Жученко: Монография в двух томах. – М.: Изд-во РУДН, 2001. – Т.II. – 780 с.

91. Жученко А. А. Генетические ресурсы и селекция растений – главные механизмы адаптации в сельском хозяйстве / А.А. Жученко, Т.А. Рожмина // Вестник аграрной науки. – 2019. – №. 6 (81).– С.23-31.

92. Забарный М. М. Влияние основного удобрения на урожай и качество семян / М.М. Забарный // Семеноводство сахарной свеклы. – М.: Колос, 1971. – С. 125-131.

93. Иванова В. Н. Импортозамещение на продовольственном рынке России: основные факторы, сдерживающие решение данной проблемы / В. Н. Иванова, С. Н. Серегин, В. С. Гринько// Сахар. – 2014. – № 9. – С. 21-28.

94. Иващенко В. Г. Изменчивость комбинационной способности скороспелых линий кукурузы в различных условиях выращивания /

В.Г. Иващенко, Ю.В. Сотченко// Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – Краснодар, 1999. – С. 115-120.

95. Иващенко В. Г. Экологическая пластичность и стабильность скороспелых гибридов кукурузы /В.Г. Иващенко, Ю.В. Сотченко// Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – Краснодар, 1999. – С. 121-127.

96. Ивлева Л. А. Вопросы биохимии и гетерозиса у растений / Л.А. Ивлева, Ш.Я. Гилязетдинова. – Уфа, 1971. – С. 36-41.

97. Игнатъев А. Р. Онтогенез листа сахарной свеклы. Морфологический аспект / А.Р. Игнатъев, В.А. Мудрик, Г.А. Семенова// Физико-химические основы структурно-функциональной организации растений: Тезисы докл. Междунар. науч. конф. – Екатеринбург, 2008. - С. 197-198.

98. Изучение комбинационной способности линий сахарной свеклы / Евсеева А.Н. [и др.] // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. – 2017. – С. 55-56.

99. Инге-Вечтомов С. Г. Физиологическая генетика / С.Г. Инге-Вечтомов. – Л., 1964. – С. 19-23.

100. Инновационное технологическое и техническое совершенствование селекции и семеноводства сахарной свеклы / Михеев В.В. [и др.] // Фермер. – Черноземье. – 2019. – № 4 (25). – С. 30-34.

101. Ионицей Ю. С. Продуктивность гибридов в зависимости от фона питания / Ю.С. Ионицей // Сахарная свекла. – 2013. – № 3. – С. 34 – 37.

102. Использование простых Сингл-Кросс гибридов в качестве материнской формы при создании трехлинейных гибридов сахарной свеклы / А.В. Логвинов [и др.] // Сахарная свекла. – 2018. - № 10. – С. 6-9.

103. Каден Н. Н. К морфологии цветка и соцветия маревых / Н.Н. Каден, С.А. Смирнова // Морфология цветковых растений – М.: Наука, 1971. – С. 157-159.

104. Кадыров М. А. Некоторые аспекты селекции сортов с широкой агроэкологической адаптацией / М.А. Кадыров, С.И. Гриб, Ф.Н. Батуро // Селекция и семеноводство. – 1994. – № 7. –С. 8-11.

105. Кайшев В. Г. Возрождение селекции и семеноводства сахарной свеклы: стимулы и ограничения достижения целевых установок / В.Г. Кайшев, С.Н. Серегин, А.В. Корниенко // Сахарная свекла. – 2017. – № 10. – С. 2-6.

106. Карабанчук Н. Ф. Применение различных методов селекции в целях поддержания и улучшения линий закрепителей ЦМС сахарной свеклы: автореф. дис... канд. с.-х. наук. / Н.Ф. Карабанчук– Киев. – 1992. – 20 с.

107. Карпенко П. В. Семеноводство сахарной свеклы / П.В. Карпенко. – М., 1953. – 230 с.

108. Кирпичников М. П. Принципы создания генно-инженерно-модифицированных растений / М.П. Кирпичников // Генетически модифицированные источники пищи: оценка безопасности и контроль. – М.: РАМН. - 2007. – С. 15-34.

109. Клянченко О. Л. Влияние инбридинга на физиолого-биохимические параметры продуктивности сахарной свеклы / О.Л. Клянченко// Актуальные проблемы генетики. Материалы 2 конференции Московского общества генетиков и селекционеров им. Н.И. Вавилова, посвященной 115 лет со дня рожд. акад. Н.И. Вавилова (20-21 февраля 2003 г.) – М. – 2003. – Т.1 – С. 88-89.

110. Кобецкая И. К. Экономический анализ эффективности производства сахарной свеклы / И.К. Кобецкая // Тр. КубГАУ. – 2003. – Вып. № 403(431). – С. 239-255.

111. Коновалов А. А. Пути формирования апомиктического потомства у сахарной свеклы с факультативным апомиксисом / А.А. Коновалов, И.Я. Балков // Цитология и генетика. – 1994. – Т. 28. – №. 4. – С. 44.

112. Корниенко А. В. Молекулярная селекция сахарной свеклы / А.В. Корниенко, А.К. Буторина // Сахарная свекла. – 2014. – №. 1. – С. 12-15.

113. Корниенко И. И. Площадь питания полиплоидной сахарной свеклы при выращивании на семена / И.И. Корниенко, М.П. Куликовская // Агротехника выращивания семян сахарной свеклы. – Киев, 1971. – С. 59-63.

114. Коровин А. И. Роль температуры в минеральном питании растений / А.И. Коровин // Гиброметиздат. – 1972. – 283 с.

115. Кравец М. В. Фитотоксичность гербицидов в семеноводстве МС-гибридов сахарной свеклы / М.В. Кравец // Сахар. – 2019. – №. 1.– С. 6-10.

116. Кравцов А. М. Формирование продуктивности сахарной свеклы в зависимости от приемов ее возделывания на выщелоченном черноземе

Западного Предкавказья / А.М. Кравцов, Н.Г. Малюга, Е.Г. Кутняк // Тр. Куб ГАУ, 1999. - Вып. 372 (400). - С. 77-85.

117. Кравцов А. М. Продуктивность гибридов отечественной и зарубежной селекции сахарной свеклы в зависимости от агротехнических факторов / А.М. Кравцов, Т.Я. Бровкина, И.А. Павелко // Энтузиасты аграрной науки. – 2019. – С. 32-43.

118. Кудрявцев А. М. Маркер-опосредованная селекция растений / А.М. Кудрявцев // Молекулярная и прикладная генетика. – 2009. – Т. 9. – С. 28-31.

119. Куперман Ф. М. К вопросу о физиологической природе гетерозиса / Ф.М. Куперман // Кукуруза. –1960. – № 10. – С. 24-28.

120. Кухарев О. Н. К вопросу технико-технологического обеспечения селекции и семеноводства сахарной свеклы / О.Н. Кухарев, И.Н. Семов, И.А. Старостин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – №. 4. – С. 25-30.

121. Лазарев В. И. Влияние природных и антропогенных факторов на продуктивность сахарной свеклы / В.И. Лазарев, В.Д. Муха, Ж. Горобец // Сахарная свекла. – 2009. - № 8. – С. 25-27.

122. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1980. – 291с.

123. Левитес Е. В. Генетика сахарной свеклы / Е.В. Левитес. – Новосибирск, 1984. – С. 45-59.

124. Лихачев Б. С. Сила роста семян и ее роль в оценке их качеств / Б.С. Лихачев // Селекция и семеноводство. – М. – 1973. – 42 с.

125. Лишки К. Отказавшись от плуга / К. Лишки // Сахарная свекла. – 2005. -№ 5. – С. 24-26.

126. Логвинов А. В. Экономическая эффективность производства сахарной свеклы по вариантам основной обработки почвы // А.В. Логвинов [и др.] // Успехи современного естествознания. –2016. –№ 3. –С. 85-89.

127. Логвинов А. В. Новые гибриды сахарной свеклы / А.В. Логвинов, В.Н. Мищенко, В.А. Логвинов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – №. 82. – С. 80-89.

128. Логвинов А. В. Селекция – как фактор ускорения эволюции сахарной свеклы / А.В. Логвинов// – Краснодар. – 2020. – 131 с.

129. Логвинов В. А. Изучение реакции сортов сахарной свеклы на воздействие концентрированных растворов минеральных веществ / В.А. Логвинов // Селекция и агротехника сахарной свеклы на Северном Кавказе. – Киев, 1982. – С. 41-46.

130. Логвинов В. А. Влияние крупности семян сахарной свеклы на их посевные качества и урожайные свойства / В.А. Логвинов, В.В. Волгин, А.Г. Шевченко// Сахарная свекла. – 2006. – № 9. – С. 22-26.

131. Лопатина Л. М. Планирование экологических испытаний и оценка пластичности сортов и гибридов с помощью регрессионных моделей /

Л.М. Лопатина // Вестник с.-х. науки. – 1996. – С. 71-76.

132. Лукина И. К. Пути увеличения выхода посадочных корнеплодов сахарной свеклы / И.К. Лукина // Вестник Курск. с.-х. акад. – 2008. - № 3. – С. 9-12.

133. Мазлумов А. Л. Селекция сахарной свеклы /А.Л. Мазлумов. – М.: Колос, 1970. – 70 с.

134. Майо О. Теоретические основы селекции растений / О. Майо. – М., Колос. –1984. – 290 с.

135. Малецкий С. И. Наследование самонесовместимости у сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) / С.И. Малецкий, Е.Ж. Жумабеков // Сообщения 1 и 2. – Генетика. – 1974. – Т.10. – № 8. – С. 25-34, 167-170.

136. Малецкий С. И. Получение, размножение и гибридизация инбредных линий сахарной свеклы (популяционно-генетические модели) /С.И. Малецкий// Успехи совр. иенетики. – 1983. – Вып. 11. – С. 196-240.

137. Малецкий С. И. Новая технология воспроизводства семян у сахарной свеклы (партеногенетический способ) / С.И. Малецкий,

Е.И. Малецкая, С.С. Юданова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – №. 54. – С. 204-213.

138. Малецкий С. И. Внутривидовая само- и перекрестная несовместимость / С.И. Малецкий, Л.Л. Коновалов // Генетический контроль размножения сахарной свеклы. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 15-50.

139. Мартынов С. П. Оценка экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур / С.П. Мартынов// Сельскохозяйственная биология- 1989. – № 3. – С. 124-128.

140. Минеев В. Г. Агрехимия, биология и экология почвы / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе// М., - Росагропромиздат. 1990. – 206 с.

141. Мглинец А. В. Анализ возможностей создания ЦМС – аналогов линий сахарной свеклы на основе самонесовместимых линий: автореф. дис... канд. с.-х. наук / А.В. Мглинец . – Новосибирск. - 1998. – 16 с.

142. Мельцер Р. Ф. Наследование признака раздельноплодности у сахарной свеклы / Р.Ф. Мельцер // – Новосибирск: Наука, 1984. – С. 60-65.

143. Методика государственного сортоиспытания с.-х. культур. – М.: Колос, 1989. – Вып. 2. –108 с.

144. Методика исследований по сахарной свекле. Под ред. Пыркиной И.К. – Киев – 1986. – 292 с.

145. Методы биотехнологии как потенциал развития селекции сахарной свеклы / Т.П. Жужжалова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – Т. 24. – №. 1. – С. 40-47.

146. Минск Л. Формирование урожая сахарной свеклы / Л. Минск в кн.: Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур /Пер. с чеш. З.К. Благовещенской. – М.: Колос, 1984. – С. 329-354.

147. Митин С. Н. Биоморфологическое и молекулярно-генетическое изучение селекционного материала сахарной свеклы: автореф. дис... канд. биол. наук / С.Н. Митин // – Рамонь. – 2004. – 23 с.

148. Михайленко И. М. Основные принципы математического моделирования системы «генотип-среда» / И.М. Михайленко, В.А. Драгавцев // С.-х биология. – М., 2010. – № 3. – С. 26-35.

149. Мишуткина А. Я. Изучение регенерационной и трансформационной компенсации сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) и создание трансгенных растений, устойчивых к гербициду Баста: автореф. дис... канд. биол. наук. / А.Я. Мишуткина – Москва. – 2007. – 27 с.

150. Мищенко В. Н. Совершенствование техники отбора и создание адаптивного исходного селекционного материала сахарной свеклы: автореф. дис... канд. с.-х. наук / В.Н. Мищенко / – Рамонь. – 2010. – 23 с.

151. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений / В.А. Драгавцев, П.П. [и др.] // Доклады АН СССР. – М., 1984. – Т. 274. - № 3. – С. 720-723.

152. Моисеев В. В. Региональное развитие селекции сахарной свеклы / В.В. Моисеев, А.В. Моисеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – №08(152). С. 77 – 84. – IDA [article ID]: 1521908010. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2019/08/pdf/10.pdf>.

153. Моисеев В. В. Семеноводство и технологические приемы производства семян сахарной свеклы в Краснодарском крае / В.В. Моисеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – №09(143). С. 1 – 15. – IDA [article ID]: 1431809011, doi: 10.21515/1990-4665-143-011. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2018/09/pdf/11.pdf>

154. Молекулярно-генетическое изучение родительских форм и гибридов сахарной свеклы / Т.П. Федулова [и др.] // Сахарная свекла. – 2010. – №. 8. – С. 8-10.

155. Молчан И. Н. Генетические особенности пластичности сорта и принципы адаптивной селекции / И.Н. Молчан // Селекция и семеноводство. – 1993. - № 3. – С. 10-15.

156. Моргун А. В. Селекционно-генетическое изучение закрепителей стерильности сахарной свеклы и их МС аналогов в процессе выведения и поддержания: автореф. дис... канд. с.-х. наук. / А.В. Моргун.– Рамонь.– 1999. – 17 с.

157. Москвина В. А. Производство и рынок семян сахарной свеклы в России /В.А. Москвина // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2007. – № 61. – С. 69-72.

158. Нанаенко А. К. Пахать или не пахать? /А.К. Нанаенко// Сахарная свекла. – 2008. – № 8. – С 17-18.

159. Наследование признака толерантности к глифосату в процессе создания новых исходных форм сахарной свеклы / И.Я. Балков [и др.] // Сахарная свекла. - 2015. – № 1. – С. 6-10.

160. Неговский Н. А. Роль гибридизации в селекции сахарной свеклы и гетерозис /Н.А. Неговский// Селекция сахарной свеклы с использованием полиплоидии и ЦМС. – Киев: ВНИС. – 1971. – 143 с.

161. Новоселов С. Н. Комбинационная способность у сахарной кукурузы при проведении рекуррентного реципрокного отбора / С.Н. Новоселов// С.-х. биология. –2010. – № 1. – С. 33-39.

162. Олдмейер Д. Л. Оценка комбинационной способности у автофертильных линий сахарной свеклы с помощью растений-индикаторов с мужской стерильностью / Д.Л. Олдмейер, Дж. Е. Раш // Сельскохозяйственная наука и практика за рубежом. Ч. 1, Стерильность сахарной свеклы. – М.: ЦНСХБ. – 1964.– С. 185-207.

163. Орлов С. Д. Селекционно-генетические исследования по созданию, поддержанию и улучшению гибридов сахарной свеклы на ЦМС основе: автореф. дис... докт. с.-х. наук. / С.Д. Орлов– Рамонь. – 1999. – 31 с.

164. Орловский Н. И. Основы биологии сахарной свеклы / Н.И. Орловский. – Киев. – 1961. – 307 с.

165. Особенности создания толерантных к глифосату форм сахарной свеклы / И.Я. Балков [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1(64). – С. 58-65.

166. Особенности технологических приемов выращивания корнеплодов-штеклингов маточной сахарной свеклы на орошении / А.В. Логвинов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №05(159). С. 334 – 347. – IDA [article ID]: 1592005023. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2020/05/pdf/23.pdf>.

167. Ошевнев В. П. Научные основы интенсификации селекционного процесса раздельноплодной сахарной свеклы с использованием признака генной и цитоплазматической мужской стерильности: автореф. дис... докт. с.-х. наук / В.П. Ошевнев //– Рамонь – 1999. – 40 с.

168. Ошевнев В. П. Селекция гетерозисных гибридов сахарной и кормовой свеклы / В.П. Ошевнев, Н.П. Грибанова // Роль аграрной науки в развитии АПК РФ. – 2017. – С. 122-125.

169. Ошевнев В. П. Фенотипическая раздельноплодность компонентов гибридов сахарной свеклы на основе ЦМС / В.П. Ошевнев, Н.П. Грибанова, Е.Н. Васильченко //Сахар. – 2018. – №. 5.– С.9-14.

170. Пакудин В. З. Методы оценки экологической пластичности сортов сельскохозяйственных растений / В.З. Пакудин, Л.М. Лопатин// Проблемы отбора и оценки селекционного материала: сб. науч. трудов. – Киев: Наукова думка. – 1980. – С. 70-78.

171. Пакудин В. З. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур / В.З. Пакудин, Л.М. Лопатина// Сельскохозяйственная биология. – 1984. – № 4. – С. 103-113.

172. Панин В. А. Полиплоидная сахарная свекла / В.А. Панин. – Успехи современной генетики. – 1967. Т. 1. – С. 172-245.

173. Паничкин Л. А. Совместное использование нанопорошков металлов и пестицидов для предпосевной обработки семян сахарной свеклы / Л.А. Паничкин, А.П. Райкова, Н.Н. Райкова // Нанотехнологии и наноматериалы в сельском хозяйстве: докл. Междунар. научно-практ. конф. – Москва. – 2008. – С. 79-80.

174. Перетяцько В. Г. Изучение комбинационной способности линейных материалов сахарной свеклы / В.Г. Перетяцько, Н.И. Орловский // Вопросы генетики, селекции и цитологии сахарной свеклы. – Киев, 1971. – С. 262-269.

175. Перетяцько Н.А. Проблемы опыления сахарной свеклы в связи с созданием закрепителей стерильности / Н.А. Перетяцько, В.Г. Перетяцько // Генетико-физиологическая природа опыления у растений. – Киев: Наукова думка. – 1978.– С. 145-151.

176. Перспективы внедрения отечественных гибридов сахарной свеклы / В.А. Логвинов [и др.] // Сахарная свекла. – 2005. - № 5. – С. 24-26.

177. Перспективы селекции сахарной свеклы в условиях юга России / В.И. Суслов [и др.]//Сахарная свекла. – 2012. –№ 7.– С. 23-27.

178. Перспективы создания биотехнологических гибридов сахарной свеклы / И.Я. Балков [и др.] // Сахар. 2017. – № 6. – С. 48-56.

179. Перфильева Л. В. Апомиксис как метод получения односемянных гибридов сахарной свеклы //Збірник наукових праць [Інституту цукрових буряків]. – 2010. – №. 11. – С. 159-167.

180. Подкуйченко Г. В. Применение метода топкросса в оценке ОКС самоопыленных линий клещевины: автореф. дис... канд. с.-х. наук. / Г.В. Подкуйченко – Ленинград. – 1969. – 24 с.

181. Продуктивность гибридов сахарной свеклы Кубанской селекции / А.В. Логвинов [и др.] // Сахарная свекла. – 2020. – № 2. – С. 14-18.

182. Производственное испытание гибридов сахарной свеклы/ В.И. Суслов [и др.]// Сахарная свекла. – 2010. – № 7. – С. 14-18.

183. Протасович Р. Г. Генетика и окружающая среда /Р.Г. Протасович, А.И. Помелова // Генетика и окружающая среда. – Минск: Наука и техника. - 1989. – С. 25-30.
184. Пути повышения коэффициента размножения семян и снижение затрат на их выращивание / Н.Г. Гизбуллин [и др.] // Новые приемы в семеноводстве сахарной свеклы: сб. науч. тр. ВНИС. – Киев, 1987. – С. 40-52.
185. Пухальский В. А. Проблемы генетической теории селекции растений // Вестник ВОГиС. – 2005. – Т. 9. – №. 3. – С. 306-316.
186. Разнородность популяции семенных растений и качественные показатели семян сахарной свеклы / И.И. Бартенев [и др.] // Сахар. – 2018. – №10. – С.14-19.
187. Реакция гибридов на способы основной обработки почвы / В.И. Суслов [и др.] // Сахарная свекла. – 2008. - № 4. – С. 12-18.
188. Рекомендации по семеноводству сахарной свеклы на Кубани / В.А. Кулик [и др.] // Краснодар. – 2006. – 28 с.
189. Савченко В. К. Оценка общей и специфической комбинационной способности полиплоидных форм в системах диаллельных скрещиваний / В.К. Савченко// Генетика. – 1966. -Т. 1.– С.44-49.
190. Свирщевская А. М. Триплоиды, диплоиды и гаплоиды в селекции сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) //Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2008. – №. 2. – С. 48-55.
191. Святова О. Е. Сравнительный анализ эффективности использования сортов и гибридов семян сахарной свеклы в России / О.Е. Святова // Междунар. с.-х. ж. – 2008. - № 5. – С. 60-65.
192. Селекция– как фактор ускорения эволюции сахарной свеклы / И.Я. Балков [и др.] // Сахарная свекла. – 2014. – №. 5. – С. 8-14.
193. Селекция растений в условиях нестабильности агроклиматических ресурсов / Г.А. Баталова [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №. 3. – С.12-21.

194. Семеноводство сахарной свеклы в связи с новыми направлениями селекционной работы /В.А. Логвинов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. - № 71. – С. 45-52.

195. Слюсаренко З. С. Методические рекомендации по определению степени завязываемости плодов у семенных растений сахарной свеклы на высокую плодовитость и всхожесть семян / З.С. Слюсаренко, С.Т. Бережко. – Киев, 1976. – 5 с.

196. Смирнов М. А. Производство сахарной свеклы в России: состояние, проблемы, направления развития / М.А. Смирнов// Сахарная свекла. – 2018. - № 7. – С. 2-7.

197. Смиряев А. В. Биометрические методы в селекции растений / А.В. Смиряев, М.В. Гохман– М.:1985. –145 с.

198. Соболев Н. А. Методика оценки экологической стабильности сортов и генотипов / Н.А. Соболев// Проблемы отбора и оценки селекционного материала: сб. науч. трудов. – Киев: Наукова думка. – 1980. – С. 100-106.

199. Современное состояние и пути повышения конкурентоспособности отечественных семян и семеноводства / Л.А. Беспалова [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3(54). – С. 92-102.

200. Современное состояние исследований по генетике и селекции сахарной свеклы за рубежом / А.В. Корниенко [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2011. - № 1. – С. 3-11.

201. Создание биотехнологических гибридов сахарной свеклы / А.В. Логвинов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 76. – С. 124-134.

202. Соколова Д. В. Создание и изучение апомиктичных линий сахарной свеклы // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2021. – Т. 181. – №. 4. – С. 93-101.

203. Сортовой состав сахарной свеклы и его влияние на эффективность свеклосахарного производства России / И.В. Апасов [и др.] // Сахарная свекла. – М., 2004. – № 1. – С. 2-4.
204. Состояние и перспективы использования маркер-ориентированной и геномной селекции растений / Н. А. Колчанов [и др.] // Вестник Российской академии наук. – 2017. – Т. 87. – №. 4. – С. 348-354.
205. Состояние и перспективы создания рентабельных гибридов сахарной свеклы, устойчивых к глифосату / И.Я. Балков [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3(54). – С. 84-88.
206. Сотченко В. С. Оценка комбинационной способности линий кукурузы в топкроссных и диаллельных скрещиваниях / В.С. Сотченко// – В сб. Селекция и семеноводство кукурузы. – М., 1971. – С. 298-303.
207. Спичак В. В. Возрождение отечественного семеноводства / В.В. Спичак, В.М. Дудкин, Н.М. Сапронов// Сахарная свекла. – М. – 2011. – № 1. – С. 11-13.
208. Стуруа А. В. Об итогах реализации отраслевой программы «Развитие свеклосахарного комплекса России на 2010-2012 годы» / А.В. Стуруа // Сахарная свекла. – М., 2011. - № 1. – С. 2-4.
209. Сушков М. Д. Свекловодству научную основу / М.Д. Сушков // Сахарная свекла. – 2011. – № 2. – С. 17-20.
210. Сюков В. В. Экологическая селекция растений: типы и практика (обзор) / В.В. Сюков, А.И. Менибаев //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17. – №. 4-3. – С.34-41.
211. Теоретические и практические аспекты использования цитоплазматической мужской стерильности сахарной свеклы // В.Н. Мищенко [и др.] //Сахарная свекла– 2016– № 1. – С. 16-19.
212. Теоретические и практические аспекты свекловодства в Краснодарском Крае / В.И. Суслов [и др.] // Труды КубГАУ. 2010. - № 5(26). – С. 62-67.

213. Теория и практика создания биотехнологических гибридов сахарной свеклы / А.В. Логвинов [и др.] // Сахарная свекла. – 2019. - № 2. – С. 10-18.

214. Тестирование селекционных материалов сахарной свеклы на ранних этапах онтогенеза / А.В. Логвинов [и др.]// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2021. – №03(167). С. 228 – 239. – IDA [article ID]: 1672103015. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2021/03/pdf/15.pdf>

215. Тоболова Г. В. Сортовые качества семян /Г.В. Тоболова// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. –№. 8.– С.12-19.

216. Толерантность к гербицидам – переход к новому этапу в эволюции сахарной свеклы /И.Я. Балков [и др.] // Сахарная свекла. – 2018. – № 3. – С.2-7.

217. Трансгенные гербицидоустойчивые сельскохозяйственные растения: эффективность и условия безопасности применения в практике / Е.П. Угрюмов [и др.] // Материалы международной научно-производственной конференции – Краснодар. - 2003. – С.45-48.

218. Трошин Л. П. Взаимодействие генотип X среда / Л.П. Трошин// Генетический анализ количественных и качественных признаков с помощью математико- статистических методов. – М., 1973. – С. 45-68.

219. Труш С. Г. Методы создания и оценки комбинационной способности линий, популяций при селекции сахарной свеклы на гетерозис: автореф. дис... канд. с.-х. наук. / С.Г. Труш //– Рамонь. – 2001. – 20 с.

220. Турбин Н. В. Генетика гетерозиса и методы селекции растений на комбинационную способность II Генетические основы селекции растений / Н.В. Турбин// - М.: Наука. - 1971. – 168 с.

221. Турбин Н. В. Повышение урожайности гибридов кукурузы методом реципрокной селекции на основе межсортовых скрещиваний / Н.В. Турбин,

Л.В. Хотылева, Л.А. Тарутина // Сельскохозяйственная биология. – 1975. – Т. 10. – № 3. – С.23-31.

222. Тютюнов С. И. Эффективность интенсификации технологий возделывания сахарной свеклы / С.И. Тютюнов, Н.К. Шаповалов, П.И. Солнцев // Сахарная свекла. – 2014. - № 9. – С. 36 – 37.

223. Удовенко Г. В. Характер защитно-приспособительных реакций и причины разной устойчивости растений к экстремальным воздействиям / Г.В. Удовенко // Тр. ВИР. – 1973. – Т. 49. - № 3. – С. 258-268.

224. Учкунова К. Продуктивность и технологические качества простых и сложных гибридов сахарной свеклы / К. Учкунова, И. Учкунов// Растениеводческие науки. – 2008, 45. – № 1. – С. 52-55.

225. Факторы и приемы повышения продуктивности сахарной свеклы / О.А. Минакова [и др.] / Сахарная свекла. – 2011. № 10. - С. 17-19.

226. Филатов Г. В. Физиолого-генетическая природа гетерозиса / Г.В. Филатов// - М.: Агропромиздат. – 1988. – 97 с.

227. Фирсова М. К. Методы определения качества семян / М.К. Фирсова. – М. - 1982. – 29 с.

228. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур /Пер. с чешк. Благовещенской З.К. – М.: Колос. - 1978. – С. 329-355.

229. Хайко Б. Селекция растений / Б. Хайко. – Litres, 2021.–264 с.

230. Хангильдин В. В. Параметры оценки гомеостатичности сортов селекционных линий в испытаниях колосовых культур/ В.В. Хангильдин // Научн. тех. бюл. ВСГИ. – 1986. - № 2/60. – С. 36-41.

231. Характеристика гибридов сахарной свеклы по параметрам экологической пластичности и стабильности / В.В. Волгин [и др.] // Сахарная свекла. – М., 2009. - № 7. – С. 2-4.

232. Характеристика препаратов фунгицидного действия, применяемых на сахарной свекле / И.И. Бартенев [и др.] // Сахарная свекла. – 2015. – № 4. – С. 19-21.

233. Характеристика различных способов выращивания свеклосемян / И.И. Бартенев [и др.] // Сахарная свекла. – 2011. – №2. – С. 35-38.
234. Хасанов С. Е. Популяционно-генетический анализ признака раздельноцветковости у сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.): автореф. дис... канд. биол. наук. / С.Е. Хасанов – Новосибирск –1995. – 24 с.
235. Хотылева Л. В. Теоретические аспекты гетерозиса / Л.В. Хотылева, А. В. Кильчевский, М. Н. Шаптуренко // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20. – №. 4. – С. 482-492.
236. Царева Л. Е. Влияние схем посадки семенников на урожайность и свойства семян сахарной свеклы /Л.Е. Царева// Вестник Алтайского гос. аграр. Университета. – 2010. - № 3. – С. 21-34.
237. Частная селекция полевых культур / В.В. Пыльнев [и др.]// Под ред. В.В. Пыльнева. – М.: Колос. – 2005. – 552 с.
238. Черепухин Э. И. Селекция сахарной свеклы на односемянность, самофертильность и ЦМС при создании гетерозисных гибридов: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Э.И. Черепухин//– Киев, 1983. – 15 с.
239. Червякова В. В. Апомиксис у самоопыленных линий сахарной свеклы и использование его в селекции на гетерозис/ В.В. Червякова // Цитология и генетика. – 1989. – Т. 23. – №. 3. – С. 39-45.
240. Черкасов О. В. Мировой рынок сахара: современное состояние и развитие / О.В. Черкасов// Сахарная свекла. – 2011. – № 5. – С. 2-4.
241. Чернышов А. Т. Продуктивность семенников сахарной свеклы, качество семян и их химический состав в зависимости от условий питания / А.Т. Чернышов, А.С. Горячих // Сахарная свекла. – 2015. – №. 7. – С. 15.
242. Шевелуха В.С. Эволюция агротехнологий и стратегия адаптивной селекции / В.С. Шевелуха // Вестник РАСХН. – 1993. - № 3. – С. 16-21.
243. Шевцов И. А. Изучение комбинационной способности сортов сахарной свеклы как исходного материала для создания самоопыленных линий / И.А. Шевцов, Ф.Н. Парой, Л.А. Долотий// Селекция и семеноводство. – М., 1993. - № 5. – С. 37-40.

244. Шевцов И. А. Получение и изучение самоопыленных линий сахарной свеклы / И.А. Шевцов, В.И. Николайчук, Е.П. Щекина // Экспериментальная генетика растений в ускорении селекционного процесса. – Киев, 1989. – С. 55-62.

245. Шевченко А. Г. Реакция различных форм сахарной свеклы на холодовой стресс / А.Г. Шевченко [и др.] // Сахарная свекла. – 2010. - № 14. – С. 6-9.

246. Шевченко В. Н. Основы и задачи селекции сахарной свеклы на иммунитет к болезням / В.Н. Шевченко // Тр. докладов по вопросу: Селекция сахарной свеклы на повышение продуктивности и технологических качеств. – Киев, 1973. – С. 21-27.

247. Шмальгаузен И. И. Пути и закономерности эволюционного процесса / И.И. Шмальгаузен. Избр. труды. – М.: Наука, 1983. – 360 с.

248. Шпаар Д. Сахарная свекла. Выращивание, уборка и хранение / Д. Шпаар // Минск, 2004. – 326 с.

249. Шпаар Д. Сахарная свекла (выращивание, уборка, хранение) / Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захарченко // Под общей ред. Д. Шпаара. – М. –ИД ООО «DLVAгродело». – 2006. – 315 с.

250. Щелокова З. И. Выборы тестера для оценки новых линий на комбинационную способность методом топкросса / Э.И. Щелокова, В.И. Билаш// Генетика и селекция на Украине. – Киев: Наукова думка. - 1971.

–  
С. 135-140.

251. Эффективный и нетоксичный способ выделения ДНК для ПЦР-анализа / Хуссейн А.С. [и др.] // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – Некоммерческая организация Редакция журнала «Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук», 2014. – №. 2. – С. 12-13.

252. Южакса А. И. Способ оценки пластичности сортов / А.И. Южакса, В.И. Жуков, В.И. Никитина// Селекция и семеноводство. – 1989. – № 1. – С.22-29.
253. Ямалеева А. А. Биохимические критерии оценки сортов ячменя по толерантности к гербициду / А.А. Ямалеева, А.М. Ямалеев// Сельскохозяйственная биология. – 2009. - № 5. – С. 65-68.
254. Asker S. E. Apomixis in plants / S.E. Asker, L. Jerling. – Routledge, 2017. – 165 p.
255. Barcaccia G. Apomixis in plant reproduction: a novel perspective on an old dilemma / G. Barcaccia, E. Albertini //Plant reproduction. – 2013. – Т. 26. – №. 3. – С. 159-179.
256. Bollman S. L. Physiological basis for tolerance of sugarbeet varieties to S-metolachlor and dimethenamid-P / S.L. Bollman, C. L. Sprague, D. Penner //Weed Science. – 2008. – Т. 56. – №. 1. – P. 18-25.
257. Bradshaw J. E. Plant breeding: past, present and future / J.E. Bradshaw // Euphytica. – 2017. – Т. 213. – №. 3. – С. 60.
258. Brukhin V. Molecular and genetic regulation of apomixis / V. Brukhin // Russian Journal of Genetics. – 2017. – Т. 53. – №. 9. – С. 943-964.
259. Cassells A. C., Doyle B. M. Genetic engineering and mutation breeding for tolerance to abiotic and biotic stresses: science, technology and safety/ A. C. Cassells, B. M. Doyle //Bulg J Plant Physiol Special. – 2003. – №. 52-82.
260. Combining Ability and Gene Action Estimates in an Eight Parent Diallel Cross of Sugarbeet 1/ Smith G.A. et al. //Crop Science. – 1973. –Т. 13. – №. 3. – С. 312-316.
261. Demont M., Dillen K. Herbicide tolerant sugar beet: The most promising first-generation GM crop?/ M. Demont, K. Dillen //International sugar journal. – 2008. – Т. 110. – №. 1318. – С. 613.
262. Dragavtsev V. A. Integration of biodiversity and genome technology for crop improvement / V.A. Dragavtsev// – Japan Tsucuba, 2000. – P. 93-95.

263. Efficacy of foramsulfuron+ thiencarbazone-methyl towards different development stages of weed species in sugar beet cultivation / Wendt M. J. [et al.] //Sugar Industry. – 2016. – T. 141. – №. 7. – P. 436-445.

264. Genetic analysis of sugar yield and physiological traits in sugar beet under salinity stress conditions / Z. Abbasi [et al.] //Euphytica. – 2019. – T. 215. – №. 5. – P. 1-12.

265. Genetic and genomic tools to assist sugar beet improvement: the value of the crop wild relatives / Monteiro F. [et al.] //Frontiers in plant science. – 2018. – T. 9. – P. 74-80.

266. Genomic selection in sugar beet breeding populations / T. Würschum [et al.] //BMC genetics. – 2013. – T. 14. – №. 1. – P. 1-8.

267. Genotype by environment interaction components underlying variations in root, sugar and white sugar yield in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) / Hassani M. [et al.] // Euphytica. – 2018. – T. 214. – №. 4. – P. 1-21.

268. Goldman F. Evolution of Root Morphology in Table Beet: Historical and Iconographic / F. Goldman, L. Irwin, J. Janick. // Frontiers in Plant Science (2021).- N 12. - P.1-13.

269. Creating Biotechnological Hybrids of Sugar Beet / A.V. Logvinov [et al.] // Skopus International Journal of Engineering and Advanced Technology (IYEAT). – V. 8. – 2019. – P. 5167-5175.

270. Griffing B. Concert of general and specific combining ability in relation to dieller crossing sistens / B. Griffiung. – Austral J. Biol. Sei., 1956. – V. 9. - № 3. – P. 463- 493.

271. Griffing B. Efficiency changes due to use of doubled-Haploids in recurrent selection methods /B. Griffing. – Theor. Appl. Genet., 1975. – V. 467. – P. 367-385

272. Gurel E. Biotechnology applications for sugar beet / E. Gurel, S. Gurel, P. G. Lemaux // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2008. – T. 27. – №. 2. – C. 108-140.

273. Herbicide and Variety Effects on Sugarbeet Stand Establishment / Fornstrom K. J. [et al.] // Journal of sugar beet research. – 1990. – T. 27. – №. 1-2. – P. 20-28.

274. High-priority research directions in genetics and the breeding of the sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in the 21st century/ Kornienko A. V. [et al.] // Russian journal of genetics. – 2014. – T. 50. – №. 11. – C. 1137-1148.

275. Hoffmann C. M. Changes in N composition of sugar beet varieties in response to increasing N supply / C.M. Hoffmann // Journal of agronomy and crop science. – 2005. – T. 191. – №. 2. – C. 138-145.

276. Hoffmann C. M. Yield potential of sugar beet—have we hit the ceiling? / C.M. Hoffmann, C. Kenter // Frontiers in plant science. – 2018. – T. 9. – C. 289.

277. Hybridity has a greater effect than paternal genome dosage on heterosis in sugar beet (*Beta vulgaris*) / B.F. Hallahan [et al.] // BMC plant biology. – 2018. – T. 18. – №. 1. – P. 1-16.

278. Image-based dynamic quantification of aboveground structure of sugar beet in field / S. Xiao [et al.] // Remote Sensing. – 2020. – T. 12. – №. 2. – P. 269.

279. Impact of different environments in Europe on yield and quality of sugar beet genotypes / Hoffmann C.M. [et al.] // European Journal of Agronomy. – 2009. – T. 30. – №. 1. – P. 17-26.

280. Influence of glyphosate and glufosinate on weed control and sugarbeet (*Beta vulgaris*) yield in herbicide-tolerant sugarbeet / R. G. Wilson, C. D. Yonts, J. A. Smith // Weed technology. – 2002. – T. 16. – №. 1. – P. 66-73.

281. Jursík M. Sugar beet varieties tolerant to ALS-inhibiting herbicides: A novel tool in weed management / M. Jursík, J. Soukup, K. M. olářová // Crop Protection. – 2020. – T. 137. – P. 105-115.

282. Kandemir N. Apomixis: new horizons in plant breeding / N. Kandemir, I. Saygili // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. – 2015. – T. 39. – №. 4. – C. 549 - 556.

283. Kruse A. The potential use of heterosis in *Beta vulgaris* L. II. Yield performance of pure lines and their hybrids / Kruse A. // *Euphytica*. – 1981. – T. 30. – №. 3. – C. 791-802.

284. Lewellen R. Botany of the Beet Plant / R. Lewellen, L. Panella, R. Harveson // by RM Harveson, LE Hanson, and GO Hein, APS Press. St. Paul, MN. – 2009. – C. 140.

285. Lewellen R. T. Use of plant introductions to improve populations and hybrids of sugarbeet / R.T. Lewellen // *Use of Plant Introductions in Cultivar Development Part 2*. – 1992. – T. 20. – P. 117-136.

286. Märländer B. Weed Control in Sugar Beet using Genetically Modified Herbicide-tolerant Varieties—A Review of the Economics for Cultivation in Europe / B. Märländer // *Journal of Agronomy and Crop Science*. – 2005. – T. 191. – №. 1. – P. 64-74.

287. McGrath J. M. Sugar beet breeding / J. M. McGrath, L. Panella // *Plant breeding reviews*. – 2018. – T. 42. – P. 167-218.

288. McGrath J. M. Sugar beet, energy beet, and industrial beet / J. M. McGrath, B. J. Townsend // *Industrial Crops*. – Springer, New York, NY, 2015. – C. 81-99.

289. Mechanisms of sugar beet response to biotic and abiotic stresses / B. Yu [et al.] // *Mechanisms of Genome Protection and Repair*. – 2020. – P. 167-194.

290. Owen F. W. Cytoplasmically inherited male sterility in sugar beets / F. W. Owen // *J. Agr. Res.* – 1945. – Vol. 71. – P. 423-440.

291. Problems of Creating Three way Cross Hybrid of Sugar Beet / A.V. Logvinov [et al.] // *Eur Astan journal of Bioscienns Eurasia Biosci.* – 13. – 2019. – P. 1291-1293.

292. Richardson K. Traditional Breeding in Sugar Beet / K. Richardson // *Sugar Tech.* – 2010. – T. 12. – №. 3. – P. 181-186.

293. Richardson K. Traditional Breeding in Sugar Beet / K. Richardson // *Sugar Tech.* – 2010. – T. 12. – №. 3. – P. 181-186.

294. Ross-Ibara J. Plant domestication a unique opportunity to identify the genetic basis of adaptation / J. Ross-Ibara, P.L. Morrel. B. S. Gaut // PNAS USA. – 2007, 104(1). – P. 8641-8648.
295. Sattler M. C. The polyploidy and its key role in plant breeding / M. C. Sattler, C. R. Carvalho, W. R. Clarindo // Planta. – 2016. – T. 243. – №. 2. – P. 281-296.
296. Spillane C. Apomixis technology development—virgin births in farmers' fields? / C. Spillane, M. D. Curtis, U. Grossniklaus // Nature biotechnology. – 2004. – T. 22. – №. 6. – P. 687-691.
297. Sugar beet, bioethanol, and climate change / J. C. Streibie [et al.] // IOP Conference Series. Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2009. – T. 6. – №. 24. – P.45-51.
298. Sugarbeet / Panella L. [et al.] // Yield gains in major US field crops. – 2014. – T. 33. – P. 357-395.
299. Sustainability of the sugar beet crop / Stevanato P. [et al.] // Sugar Tech. – 2019. – T. 21. – №. 5. – P. 703-716.
300. Trends and developments in energy plant breeding-special features of sugarbeet / Felde A. [et al.] // Sugar Industry/ Zuckerindustrie. – 2008. – T. 133. – №. 5. – P. 342-345.
301. Van Dijk P. J. Plant breeding: surprisingly, less sex is better / P. J. Van Dijk, D. Rigola, S. S. E. Chauer // Current Biology. – 2016. – T. 26. – №. 3. – P. R122-R124.
302. Variability in plants of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) regenerated from callus, cell-suspension and protoplasts / Steen P. [et al.] // Genetic manipulation in plant breeding. – De Gruyter, 2019. – P. 633-636.
303. Wijerathna-Yapa A. Transgenic plants: resistance to abiotic and biotic stresses / A. Wijerathna-Yapa // Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID). – 2017. – T. 111. – №. 1. – P. 245-275.

304. Würschum T. et al. Genome-wide association mapping of agronomic traits in sugar beet //Theoretical and applied genetics. – 2011. – T. 123. – №. 7. – С. 1121.

305. Yousefabadi V. Study on inheritance of seed technological characteristics in sugar beet / V. Yousefabadi, A. Rajabi //Euphytica. – 2012. – T. 186. – №. 2. – P. 367-376.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Температура поверхности почвы в период проведения эксперимента, 2004-2020 гг, °С  
(г. Гулькевичи, ФГБНУ Первомайская СОС)

Год	Месяц												Среднегодовая температура
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2004	1	1	7	13	20	24	28	27	21	13	6	1	14
2005	3	1	2	15	23	26	31	30	23	12	5	2	14
2006	-7	-3	7	14	20	28	28	32	21	14	5	1	13
2007	3	0	6	12	24	29	32	31	23	16	4	1	15
2008	-5	-1	9	17	19	25	28	30	20	13	6	-1	13
2009	-2	4	6	12	19	28	30	26	20	16	6	2	14
2010	-2	1	5	13	22	30	31	31	24	11	9	5	15
2011	-2	-3	3	10	19	27	32	27	19	10	0	2	12
2012	-3	-8	1	17	22	27	28	24	21	15	7	0	13
2013	0,7	3,9	6,7	14,3	24,9	26,6	28	27,8	16,3	8,9	5,5	-2,3	13,4
2014	-2	-2	7	13	21	25	28	32	19,4	9	3	2	13
2015	-1	1	6	12	20	26	30	29	24	10	6	2	14
2016	-2	5	7	14	20	26	28	28,1	18,6	10	4	-3	13
2017	-2	-2	8	12	19	25	29	28	23	11	6	3	13,4
2018	0	2	5	15	22	28	30	28	21	14	4	1	14,2
2019	1	2	6	14	23	29	27	27,4	19	13	5	2	14
2020	1	2	10	12	19	27	30	27	24	16	5	0	14
Средняя многолетняя	-2,6	-1,3	4,3	13,1	20,7	25,9	28,2	27,4	20,0	11,5	4,9	-0,1	12,7

Абсолютный максимум температуры почвы в период проведения эксперимента, 2004-2020 гг.  
(г. Гулькевичи, ФГБНУ Первомайская СОС)

Год	Месяц												Среднегодовая температура
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2004	17/29	23/29	40/25	45/12	56/24	55/22	60/29	61/7	50/22	40/9	24/14	13/4	61/7
2005	13/9	16/17;22	27/28	52/22	62/29	62/10	62/10	63/18	54/2;3	38/2	21/28	18/18	63/18
2006	13/4	6/27	39/30	39/13	53/31	61/30	61/5	62/6	55/1	45/6	28/Id	15/Пд	62/6VIII
2007	17/26	20/1;2	34/31	41/29	>50/26	65/16	64/6	58/2	58/4	42/3;4	27/1	14/5	65/16
2008	13/21	20/28	32/25	43/11;20	58/22	57/15	59/24	62/12	51/1	38/2;5	34/3	18/5;8	62/12
2009	4/21	21/13	33/31	43/30	52/31	62/25	63/8	60/30	60/1	43/13	22/6	14/1;5	63/8
2010	15/12	17/20	33/24	47/29	56/14;28	63/14	65/30	64/12	58/1	27/1;10	34/11	20/4	65/30
2011	12/2	12/9	30/30	41/19	52/25	56/26	60/28	58/2	49/2	37/11	20/5	11/5;17	60/28
2012	11/9	7/28	25/30	47/29	51/16	58/23	58/14	59/4	52/4	44/1	32/6	21/1;3	58/23- VI
2013	20/22	19/13	30/31	48/28	58/31	61/28	64/13	60/9	54/2	35/19	28/6	10/2	64/13- VII
2014	12/13	20/28	36/24	40/24	48/31	54/3	60/24	59/26	50/1	38/13	24/6	17/13	60/24- VII
2015	17/26	24/27	37/26	50/30	60/25	60/19	66/31	63/1	58/3	43/6	21/4	14/22	66/31- VII
2016	14/14	24/29	30/4	40/26	48/18	52/29	57/18	57/24	52/7	38/5	24/8	13/12	57/18- VIII
2017	13/15	20/28	27/24	43/29	50/30	55/9	55/4	52/7;8	50/15	37/5	24/13	16/14	55/9- VI
2018	13/2	16/17	26/17	45/27	53/5	60/15	60/11	58/4	49/1	46/2	23/4	10/12	60/15- VI
2019	12/21	20/13	24/31	48/11	54/17	57/23	65/8	58/12	50/4	36/5	28/7	17/23	65/8- VII
2020	13/27	18/19	32/13	40/30	45/21	56/28	63/7	58/7	52/2	42/14	25/3	11/13	63/7- VII

Относительная влажность воздуха в период вегетации сахарной свёклы в 2004-2020 годы  
(г. Гулькевичи, ФГБНУ Первомайская СОС)

Год	Месяц												Среднегодовая температура
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2004	84	84	74	70	71	73	67	72	70	80	89	88	74
2005	86	76	77	62	76	67	60	52	59	80	88	85	72
2006	89	88	76	77	74	70	63	56	63	77	84	87	75
2007	79	75	75	66	64	63	52	53	65	73	82	88	70
2008	78	73	71	71	76	75	62	51	70	82	83	82	73
2009	78	80	79	59	71	64	66	73	83	77	88	86	75
2010	84	80	79	69	67	62	64	46	62	82	76	87	72
2011	88	80	78	70	76	71	64	63	65	80	81	84	75
2012	85	79	71	59	63	62	60	70	63	74	81	82	71
2013	81	80	70	65	62	63	59	58	77	83	84	85	72
2014	84	83	76	71	78	70	59	55	72	73	84	83	74
2015	82	77	73	65	66	70	64	55	68	73	81	88	72
2016	85	79	77	65	76	73	70	70	76	80	82	88	77
2017	84	77	78	72	77	71	63	53	58	75	84	86	73
2018	86	85	83	59	66	58	67	51	69	74	86	88	73
2019	82	83	76	71	72	62	68	56	63	81	74	87	73
2020	87	79	68	57	68	69	58	54	56	73	87	83	70
Многолетн.	84	81	77	69	69	69	64	63	68	77	84	86	74

Затраты на приобретение гербицидов для защиты сахарной свёклы от сорных растений, 2020 г.

Наименование средств защиты растений, гербицидов	Расход на 1 га по препарату	Цена за 1 л/кг, руб.	Затраты на 1 га. руб.
I. Технология, применяемая в свеклосеющих хозяйствах (баковые смеси)			
Первая обработка, третья декада апреля			
Бетанал Эксперт ОФ (л)	1,0	944,3	944,3
Фронтьер Оптима КЭ (л)	0,2	1689,1	338
Арбитр (кг)	0,03	19950	599
Тренд – 90 Ж (л)	0,3	416	125
Декстер КЭ (л)	0,15	1529,5	229
Итого	1,68		2235
Вторая обработка, первая декада мая			
Бетанал 22 (л)	1,2	598,5	718
Фронтьер Оптима (л)	0,5	16891	845
Кари – Макс, СП (кг)	0,03	7315	220
Агрон, ВР (л)	0,2	2660	532
Легион (л)	0,2	1529,5	306
Бит 90 (л)	0,2	416	83
Итого	2,33		2704
Третья обработка, вторая-третья декада мая			
Бетанал 22 (л)	1,3	598,5	778
Кари – Макс, СП (кг)	0,03	7315	220
Фронтьер Оптима (л)	0,5	1689,1	845
Декстер КЭ (л)	0,15	1529,5	229
Легион Комби (л)	0,3	1529,5	459
Бит 90 (л)	0,2	416	83
Итого	2,48		2614
Всего	6,49		7553
II. Перспективная технология защиты сахарной свёклы устойчивой к гербицидам (экологическое испытание)			
Тотал 480 ВР, л	2,5	404,7	1012
Вторая обработка, третья декада мая			
Тотал 480 ВР, л	2,5	404,7	1012
Всего	5,0		2024

*Примечание:* Расходы финансовых средств показаны только на приобретение препаратов.

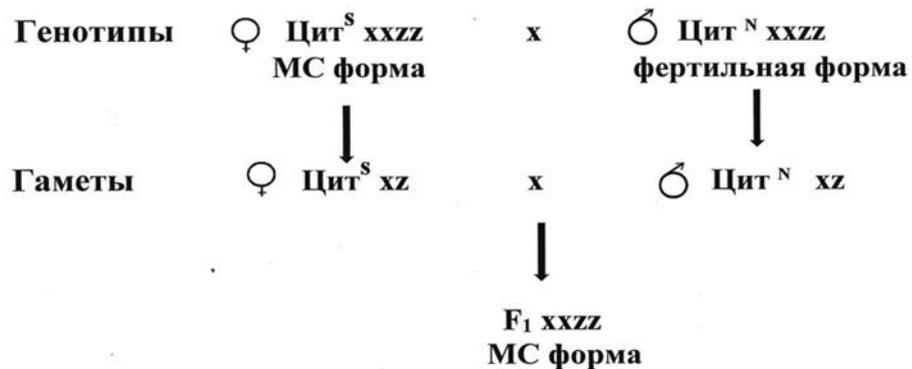
Сахаристость гибридов сахарной свеклы в зависимости от приемов обработки почвы, %

Прием обработки почвы (фактор А)	Гибрид (фактор С)	Год			
		2010	2011	2012	2013
Вспашка (контроль)	Кубанский МС 95	18,4	17,3	14,9	17,0
	Успех	18,1	16,6	14,4	16,4
Чизелевание	Кубанский МС 95	18,0	18,1	15,4	17,4
	Успех	17,9	17,4	14,9	16,2

Сбор сахара гибридов сахарной свеклы в зависимости от приемов обработки почвы, т/га

Прием обработки почвы (фактор А)	Гибрид (фактор С)	Год			
		2010	2011	2012	2013
Вспашка (контроль)	Кубанский МС 95	8,8	9,4	7,3	8,5
	Успех	8,1	8,5	6,5	7,5
Чизелевание	Кубанский МС 95	8,6	11,8	7,8	10,0
	Успех	8,4	10,0	7,2	8,9

**Скрещивание  
приводящее к закреплению мужской стерильности**



Требования пространственной изоляции при выращивании различных категорий семян сахарной свеклы

Возможные комбинации размещения семенников свеклы	Расстояние (в км), не менее
Односемянная и многосемянная диплоидная (2х)	3
Односемянная и многосемянная тетраплоидная (4х),	3
Односемянная тетраплоидная (4х) и многосемянная диплоидная (2х)	5
Многосемянная тетраплоидная (4х) И многосемянная диплоидная (2х)	5
Разные сорта или гибриды свеклы одной формы	1
Стерильная по пыльце и фертильная многосемянная	5
Сахарная и другие формы культурной свеклы – столовая, кормовая, полусахарная	10
Семенники и фабричные посевы сахарной свеклы	1

Продуктивность гибридов сахарной свеклы Карат и Рубин по данным  
Государственного испытания, 2016 г.

Показатель	Кавказский ГСУ		Тарасовский ГСУ		Целинский ГСУ		Кочубеевский ГСУ	
	т/га	% к st	т/га	% к st	т/га	% к st	т/га	% к st
Карат								
Урожайность	60	85	63	108	87	153	48	90
Сбор сахара	8,0	77	-	-	16	153	6,6	90
Рубин								
Урожайность	84	119	63	108	81	142	50	93
Сбор сахара	12,8	123	-	-	14,1	134	7,3	99

*Примечание:* Стандарт (st) – гибриды Агрипина КВС и Вектор РФ

Показатели общей комбинационной способности перспективных  
сростноплодных линий – опылителей, 2010 – 2014 гг.

Селекционный номер	Общая комбинационная способность линий-опылителей за годы испытаний, % к стандарту					
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее
СКЛ 5063П96	107	107	108	113	102	107,4
наивысшая продуктивность	119	114	115	120	113	-
СКЛ 4738П98 н/ц	-	109	98	-	107	105
наивысшая продуктивность	-	111	113	-	109	
СКЛ 21695 п=9	108	116	109	102	106	108,2
наивысшая продуктивность	117	119	123	130	104	
СКЛ 8949	106	107	100	114	108	107
наивысшая продуктивность	118	117	106	130	110	
СКЛ 19963 США п=12	105	-	-	-	101	103
наивысшая продуктивность	118	-	-	-	113	
СКЛ 19957	109	-	94	-	-	102
наивысшая продуктивность	116	-	108	-	-	

Обоснование нормы высева семян гибридов Кубанской селекции  
Кубанский МС 95, Успех, Азимут, 2019 г.

Норма		Стоимость, руб. (ориентиров.)	Густота, тыс./га		Ожидаемый урожай корнеплодов, т/га	Ориентировочная стоимость, тыс. руб.
кол-во семян, шт.	на 1 пог.м.		всходов при 80 % полевой всхож.	перед уборкой		
100000	4,5	5000	80	72	50	100
120000	5,4	6000	96	86	60	120
130000	5,8	6500	104	94	65	130
140000	6,3	7000	112	100	70	140
150000	6,8	7500	120	108	75	150

*Примечание:* 1) В расчет бралась полевая всхожесть 80 %, средняя масса корнеплода при уборке 700 г, цена 1 т корнеплодов – 2000 руб.

2) Все расчеты ориентировочные при удовлетворительных организационно-хозяйственных и почвенно – погодных условиях.

3) Снижение густоты насаждения в период «всходы – уборка» - 10 %



### Агротехника семенных растений

Соблюдение пространственной изоляции: от стерильной формы до фертильной - 10км, от раздельноплодной до сросноплодной – 3 км, от сахарной до кормовой или столовой- 10км, от семенников до фабричной свеклы - 1км.

Предшественник: озимые, лук, картофель с контролем вносимых СЗР по предшественнику;

Удобрения: основное N<sub>110</sub> P<sub>140</sub> K<sub>140</sub>, подкормка N<sub>60</sub> P<sub>50</sub> K<sub>40</sub>, подкормки дважды;

Обработка почвы: дискование, внесение гербицидов, культивация, предпосадочная культивация, переборка корнеплодов, сортировка, наборка;

Посадка корнеплодов: ручная, машинная по схеме посадки,

Уход за семенными растениями: прикатывание, культивация 2-3 раза, внесение гербицидов 1-2 раза, внесение фунгицидов и инсектицидов, подкормка, чеканка, орошение 2-3 тыс м<sup>3</sup> дробно, апробация, удаление растений опылителя.

Уборка семян: двухфазная уборка, транспортировка, первичная очистка;

Заводская подготовка семян: на семенных заводах

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ  
Государственная комиссия Российской Федерации  
по испытанию и охране селекционных достижений

**ПАТЕНТ**  
**НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ**  
№ 3643

Свекла сахарная  
Beta vulgaris L. ssp. vulgaris var. saccharifera Alef.

**КУБАНСКИЙ МС 91**

Патентообладатель  
ГНУ СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ НИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ И САХАРА

Авторы -  
АСТАХОВА ТАТЬЯНА АРНОЛЬДОВНА  
ДЕРЮГИН ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ  
ЛОГВИНОВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ  
ЛОГВИНОВ ВИКТОР АЛЕКСЕЕВИЧ  
ЛОГВИНОВА АННА ПЕТРОВНА  
МИЩЕНКО ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ  
САКВИН НИКОЛАЙ ВЛАДИМИРОВИЧ  
ШЕВЧЕНКО АНАТОЛИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ

ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 9610576 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 25.12.2003 г.  
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ  
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ  
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 11.05.2007 г.

Председатель



В.В. Шмаль

Зак. 99-6120. МТ Горькая.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Государственная комиссия Российской Федерации  
по испытанию и охране селекционных достижений

**ПАТЕНТ**  
**НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ**

№ 3644

Свекла сахарная  
Beta vulgaris L. ssp. vulgaris var. saccharifera Alef.

**КУБАНСКИЙ МС 92**

Патентообладатель

ГНУ СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ НИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ И САХАРА

Авторы -

ДЕРЮГИН ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ  
КУДРЯВЦЕВА НАДЕЖДА ВИТАЛЬевна  
ЛОГВИНОВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ  
ЛОГВИНОВ ВИКТОР АЛЕКСЕЕВИЧ  
ЛОГВИНОВА АННА ПЕТРОВНА  
МИЩЕНКО ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ  
ТКАЧЕНКО АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ  
ШЕВЧЕНКО АНАТОЛИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ

ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 9610577 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 25.12.2003 г.

ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ  
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 11.05.2007 г.

Председатель

В.В. Шмаль

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Государственная комиссия Российской Федерации  
по испытанию и охране селекционных достижений

## СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 40944

Свекла сахарная

## КУБАНСКИЙ МС 90

выдано в соответствии с решением Государственной-комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от 29.01.2007

ПО ЗАЯВКЕ № 9610575 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 25.12.2003

Заявитель(и)

ГНУ СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ НИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ И  
САХАРА

ООО "АГРОСЕМ"

Автор(ы) :

ДЕРЮГИН В.А., КУДРЯВЦЕВА Н.В., ЛОГВИНОВ А.В., ЛОГВИНОВ В.А.,  
ЛОГВИНОВА А.П., МИЩЕНКО В.Н., ШЕВЧЕНКО А.Г., ЯКИМОВА Т.П.

*Зарегистрировано в Государственном  
реестре селекционных достижений,  
допущенных к использованию*

Председатель



В.В. Шмаль

Федеральное государственное учреждение  
«Государственная комиссия Российской Федерации  
по испытанию и охране селекционных достижений»

# АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 40945

Свекла сахарная

## КУБАНСКИЙ МС 91

выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от 30.01.2006

ПО ЗАЯВКЕ № 9610576 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 25.12.2003

Заявитель(и)

СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ НИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ И САХАРА

Автор(ы) :

**ЛОГВИНОВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ**

АСТАХОВА Т.А., ДЕРЮГИН В.А., ЛОГВИНОВ В.А., ЛОГВИНОВА А.П., МИЩЕНКО В.Н.,  
САКВИН Н.В., ШЕВЧЕНКО А.Г.

*Зарегистрировано в Государственном реестре  
селекционных достижений, допущенных к использованию*

Председатель



**В.В. Шмаль**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Государственная комиссия Российской Федерации  
по испытанию и охране селекционных достижений

# СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 44869

Свекла сахарная

## КУБАНСКИЙ МС 95

выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от 25.01.2008

ПО ЗАЯВКЕ № 9358647 С ДАТОЙ РЕГИСТРАЦИИ 16.01.2006

Заявитель(и)

**ГНУ СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ НИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ И  
САХАРА**

ООО НПП 'СЕМЕНА И ТЕХНОЛОГИИ'

Автор(ы) :

ДЕРЮГИН В.А., КУДРЯВЦЕВА Н.В., ЛОГВИНОВ А.В., ЛОГВИНОВ В.А.,  
ЛОГВИНОВА А.П., МИЩЕНКО В.Н., САКВИН Н.В., ШЕВЧЕНКО А.Г.

Зарегистрировано в Государственном  
реестре селекционных достижений,  
допущенных к использованию



В.В. Шмаль

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ  
**№ 2760286**

**Способ получения константной линии сахарной свеклы,  
устойчивой к глифосату**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Первомайская селекционно-  
опытная станция сахарной свеклы" (RU)*

Авторы: *Логвинов Алексей Викторович (RU), Мищенко  
Владимир Николаевич (RU), Моисеев Виктор Васильевич  
(RU), Моисеев Аркадий Викторович (RU), Райлян Роман  
Николаевич (RU), Логвинов Виктор Алексеевич (RU)*

Заявка № 2020115077

Приоритет изобретения 03 апреля 2020 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации 23 ноября 2021 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 03 апреля 2040 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Г.И. Ивлиев*





Грунтовой контроль всхожести семян линий сахарной свеклы в растильнях



Изоляция растений в теплице. Слева ускоренное выращивание линий в вегетационных кабинах



Индивидуальная изоляция растений в процессе получения константных линий в теплице



Вид растения в индивидуальном изоляторе. Центральный стебель и 3-4 ветви первого порядка пинцированы и обработаны инсектицидами



Участок индивидуальных и групповых изоляторов в поле



Общий вид групповых изоляторов



Выращивание корнеплодов-штеклингов перспективных линий



Капельный полив селекционных материалов



Участок семенных растений сахарной свеклы



# XIV МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН ИЗОБРЕТЕНИЙ И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ «НОВОЕ ВРЕМЯ»

Устойчивое развитие  
во время перемен!



## ДИПЛОМ

награждается

### Золотой медалью

**А.В. Логвинов, В.А. Логвинов, В.Н. Мищенко, А.Г. Шевченко**

**В.В. Моисеев, А.В. Моисеев А.В.**

*(г. Краснодар, Российская Федерация)*

за разработку

**СПОСОБ ЗАЩИТЫ  
САХАРНОЙ СВЁКЛЫ  
ОТ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ**

**Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свёклы**

Директор  
МФАИ (IFIA)

**В.К. Петряшев**

Президент  
Международного жюри

Председатель  
Центрального совета ВОИР

**А.А. Ищенко**

Генеральный  
менеджер Салона

**В.А. Куликов**

Севастополь, Российская Федерация  
27-29 сентября 2018 г.

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет  
имени И. Т. Трубилина»

XIV Международный салон инноваций  
и изобретений «Новое время»

# ДИПЛОМ

награждается

**ЗОЛОТОЙ МЕДАЛЬЮ**

За научную разработку

«Способы защиты гибридов сахарной свеклы от сорной растительности»

Коллектив авторов

Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина

Первомайской селекционно-опытной станции сахарной свеклы

Логвинов А. В. Моисеев В. В. Логвинов В. А. Мищенко В. Н.

Моисеев А. В. Шевченко А. Г.

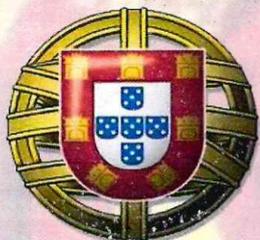
Ректор университета  
профессор



А. И. Трубилин



Краснодар, 2018



REPUBLICA PORTUGUESA



ASSOCIATION OF  
EUROPEAN INVENTORS



IN THE INVENTORS WE TRUST

APIICIS

ASSOCIATION OF PORTUGUESE  
INVENTORS  
INNOVATORS & CREATIVES

N.º 08-18



## CERTIFICATE

IT CERTIFIES THE PRESENT, TO CONFIRM OFFICIAL INTERNATIONAL MERIT CERTIFICATE

### FOR CONTRIBUTION TO INNOVATION AND EXCELLENT INTERNATIONAL COOPERATION

IT CERTIFIES THAT IS GRANTED TO

Aleksey Logvinov; Vladimir Mischenko; Victor Logvinov; Victor Moiseev; Anatoliy Shevchenko

FROM

Federal State Budgetary Station "PERVOMAYSKAYA SELECTION-EXPERIMENTAL STATION OF  
SUGAR BEET"

FOR THE EXCELLENT INVENTION

The way to protect sugar beets from weeds

FOR ALL THE ABNEGATED SHARE, COOPERATION  
AND SPARKLING OPEN MIND  
FOR THE NEW IDEAS  
PROMOTING INNOVATION & CREATIVITY  
IN THE INVENTIVE SPIRIT OF PROGRESS

From March 26 to 29, 2019, it was hold ARCHIMEDES SALON OF INNOVATION, the XXII INTERNATIONAL INVENTIONS AND INNOVATIVE TECHNOLOGY SALON. It was successfully hosted the INTERNATIONAL FESTIVAL OF INNOVATION, KNOWLEDGE & CREATIVITY, in Moscow, under the premises and Patronage of His Excellency, Mr Vladimir Vladimirovic Putin. President of Russian Federation.

Manuel Maria Potes de Cordovil  
Vice - President

Dr. Khalid Sacoor Daud Jamal  
Permanent Portuguese Diplomatic Mission  
in United Nations  
\*International Jury Adviser

Fernando Maldonado Lopes  
President