



ПЕРЕД НАУКОЙ О САХАРНОЙ СВЕКЛЕ МОГУТ ОТКРЫТЬСЯ НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ

В ноябре 2024 года состоялась рабочая встреча редакции научно-практического журнала «Сахарная свекла» с сотрудниками ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова». При активном участии врио директора ВНИИСС, к.т.н. А.Н. Рязанова и зам. директора по научной работе, к. с-х н. Л.Н. Путилиной было организовано знакомство со всеми направлениями исследований, проводимыми сотрудниками института по сахарной свекле, которые в настоящее время являются инновационными и приоритетными. Руководители отделов и лабораторий института рассказали о преобразованиях, благодаря которым свекловичная наука сможет получить дальнейшее развитие.

Общение проходило в деловой обстановке, которую органично дополняла дружеская атмосфера, ведь наше сотрудничество с научным учреждением в статусе Всероссийского НИИ сахарной свеклы и сахара насчитывает 65 лет, а этому предшествовало не одно десятилетие совместной работы единственного на тот момент отраслевого издания с Рамонской опытно-селекционной станцией по сахарной свекле. Основной задачей журнала всегда являлась популяризация научных достижений с целью внедрения их в сельхозпроизводство.

В настоящее время МСХ РФ объявило о начале отбора КНТП для участия в подпрограмме «Развитие селекции и семеноводства сахарной свеклы», и ведущий отраслевой институт активно участвует в реализации поставленной задачи.

В структуру ВНИИСС входит 9 подразделений, тематика исследований которых утверждена Минсельхозом совместно с Министерством образования и науки РФ. Но приоритетной задачей, поставленной перед учеными, является создание новых высокопродуктивных и конкурентоспособных гибридов сахарной свеклы.

При подготовке материала мы не ранжировали научные отделы по степени важности или сложности



Научный коллектив ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова»

исследований, а хотели представить реальную картину того, какие усилия предпринимают ученые, нацеленные на возрождение российской науки о свекловодстве.

В структуре ВНИИСС есть отделы, которые продолжают традиции, заложенные поколением ученых, прославивших это научное учреждение. К ним относится отдел генетики и биотехнологии (организован в 1980 году), в который входят две лаборатории - лаборатория культуры тканей и молекулярной биологии и лаборатория маркер-ориентированной селекции сахарной свеклы. Много лет этим отделом руководила заслуженный деятель науки РФ, д.б.н., профессор Т.П. Жужалова. Сейчас ее ученики и последователи – д.б.н., в.н.с. Т.П. Федулова, с.н.с., к.б.н. заведующая лабораторией А.А. Налбандян, и.о. заведующего лабораторией, с.н.с. Е.Н. Васильченко, с.н.с. Н.Н. Черкасова занимаются разработкой биотехнологий создания новых форм сахарной свеклы с измененными морфологическими и молекулярно-генетическими признаками *in vitro* и внедрением приемов маркер-ориентированной селекции.



Микроклональное размножение в стерильных условиях

Активно развиваются исследования по разработке метода, осно-

ваного на культивировании *in vitro* неоплодотворенных семязачатков, изолированных из обогащенных в генетическом отношении гетерозиготных растений-доноров (сорта, гибриды). Метод позволяет индуцировать из гаплоидных клеток зародышевого мешка развитие растений с генотипическими различиями за 1,5–2 года, исключая многократное самоопыление растений (8–10 лет), обычно используемое в традиционной селекции. Применение морфологической, цитологической оценки и молекулярно-генетического анализа дает возможность сформировать генотипически однородные гомозиготные линии, различающиеся плоидностью (2n, 4n), типом цитоплазмы (О-тип, РФ, ЦМС) или обладающие высоким уровнем раздельноплодности, устойчивости к заболеваниям и т.д.

Усовершенствуется технология микроклонального размножения, основанная на культивировании апикальных и пазушных меристематических тканей растений в условиях изолированной культуры, которая позволяет проводить массовое вегетативное размножение и длительное сохранение микроклонов в культуральных условиях. Данный прием дает возможность в течение 1 года получить массовое количество штеклингов (небольших корнеплодов), генетически идентичных исходному селекционному материалу. Коэффициент размножения достигает 105–106 клонов в год, что позволяет значительно ускорить селекционный процесс и сократить сроки получения товарной продукции новых гибридов до 2–3 лет вместо 10–12 лет.

Перспективным для повышения устойчивости к абиотическим стрессорам (засоление/засуха, тяжелым металлам, к комплексу факторов) является культивирование меристематических тканей на селективных средах и получение изогенных линий с устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Большое внимание уделяется созданию банка клонов актуального оригинального исходного материала сахарной свеклы (МС-формы, закрепители стериль-

ности О-типа, гаплоидные Н-линии, реституционные ДН-линии, мутантные линии, трансгенные растения, межвидовые гибриды, клеточные линии с комплексной устойчивостью к абиотическим стрессам). Банк клонов в культуре *in vitro* содержит более 100 селекционно-ценных генотипов. Также в культуре тканей поддерживается коллекция стевии в количестве 48 сортообразцов различного происхождения.

Оснащение современным оборудованием, приобретенном на средства, выделенные по гранту Российского научного фонда, позволяет ученым проводить более углубленные исследования. Например, с помощью проточного цитометра Sysmex CyFlow Ploidy сотрудники определяют степень плоидности – скрининг гаплоидных / диплоидных форм, триплоидов (при продукции гибридных семян); скрининг межвидовых гибридов (в случае значительных различий между родительскими ДНК); детекцию анеуплоидии; количественное содержание ядерной ДНК. Использование климатической камеры (фитотрон ЛиА-2) позволяет сотрудникам культивировать растения сахарной свеклы при регулируемых внешних факторах: температура, освещение, воздухообмен, влажность; проводить исследования по беспересадочному поддержанию коллекционных образцов *in vitro* при длительном хранении.

Ученые подчеркивают, что им стало намного комфортнее проводить исследования репродуктивных процессов в период развития растений сахарной свеклы с помощью светового микроскопа Olympus (BX43F) с видеосистемой. Использование видеокамеры позволяет передавать результаты наблюдения на расстояния, проводить наблюдения с экрана монитора, редактировать изображения, осуществлять видеосъемку процессов жизнедеятельности растений и сохранять результаты исследований. Необходимо отметить, что развитием таких технологий сейчас занимаются все селекционно-генетические компании мира.

Дальнейшее обновление приборной базы позволит создавать на принципиально новой основе конкурентоспособные гибриды, отвечающие требованиям современного сельскохозяйственного производства.

Дирекция и ведущие сотрудники ВНИИСС понимали, что выйти на качественно новый уровень исследований можно только с помощью инновационных технологий. Такая возможность появилась в 2019 году, когда согласно нацпроекту «Наука» и ФНТП развития генетических технологий была создана лаборатория маркер-ориентированной селекции, включающая в свой состав молодых сотрудников до 39 лет. Направление исследований, связанное с разработкой новых методов маркирования хозяйственно-ценных генов и признаков сахарной свеклы, возглавила к.б.н. А.А. Налбандян. Большой вклад в развитие и внедрение методов молекулярной



Сотрудники лаборатории культуры тканей и молекулярной биологии с.н.с. Е.Н. Васильченко и с.н.с. Н.Н Черкасова



генетики в селекционную практику внес с.н.с., к.б.н. А.С. Хуссейн. В задачу лаборатории входит внедрение технологий генотипирования образцов сахарной свеклы на основе анализа микросателлитных локусов. Это позволяет установить подлинность и генетическую однородность селекционного материала. С использованием специфических праймеров, сконструированных сотрудниками лаборатории, определяется наличие генов устойчивости к биотическим (фузариоз, гетеродироз, мучнистая роса) и абиотическим стрессорам (засуха/засоление), цветущности у селекционно-ценных генотипов сахарной свеклы.

Сотрудники лаборатории на ранних этапах создания гаплоидных и дигаплоидных форм проводят отбор полученных регенерантов по типу цитоплазмы с использованием минисателлитных маркеров семейства TR.



Зав. лаборатории маркер-ориентированной селекции сахарной свеклы: А.А. Налбандян

Отечественные селекционные материалы можно смело назвать источником устойчивости к данному стресс-фактору.

За последние годы благодаря современным селекционно-генетическим программам растет востребованность ДНК-технологий, с помощью которых можно получать высококачественный селекционный материал и создавать конкурентоспособные гибриды сахарной свеклы нового поколения.

Учеными ВНИИСС разработаны также новые методики: паспортизации селекционных материалов по ДНК-маркерам на основе фрагментного анализа на генетическом анализаторе; подбора родительских пар для гибридизации с учетом их генетической дивергенции по результатам микросателлитного анализа; выявления специфических ДНК-маркеров для идентификации фитопатогенов; молекулярного отбора образцов сахарной свеклы, устойчивых к болезням; технология создания гетерозисных гибридов, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам на основе молекулярной (MAS) селекции.

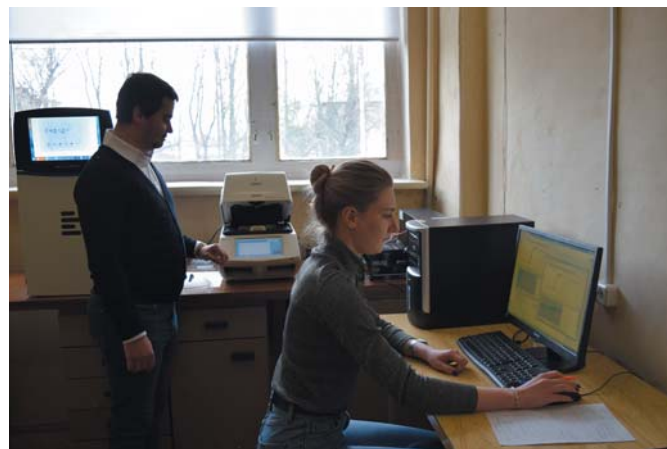
В лаборатории создана и постоянно пополняется электронная база данных, включающая: генетические паспорта актуальных селекционно-ценных генотипов сахарной свеклы по микросателлитным локусам генома с учетом их генетической дивергенции; рекомендации по эффективному подбору родительских пар для гибридизации; информацию о специфических праймерах и выделенных с их помощью образцах, устойчивых к биотическим и абиотическим стрессорам.

В лаборатории создана и постоянно пополняется электронная база данных, включающая: генетические паспорта актуальных селекционно-ценных генотипов сахарной свеклы по микросателлитным локусам генома с учетом их генетической дивергенции; рекомендации по эффективному подбору родительских пар для гибридизации; информацию о специфических праймерах и выделенных с их помощью образцах, устойчивых к биотическим и абиотическим стрессорам.



Ведущий научный сотрудник лаборатории культуры тканей и молекулярной биологии, д.б.н. Т.П. Федулова

Большой объем работы по использованию молекулярно-генетических маркеров для изучения генетической изменчивости селекционно-ценных генотипов сахарной свеклы, генотипирования, эффективного подбора родительских пар для гибридизации, идентификации генов устойчивости к био- и абиотическим стрессорам выполняются д.б.н., в.н.с. Т.П. Федуловой и к.б.н., с.н.с. И.В. Черепухиной. С участием научных сотрудников Т.С. Руденко и А.В. Моисеенко проведено молекулярно-генетическое тестирование селекционных образцов сахарной свеклы на наличие генов устойчивости к засухе/засолению и получены положительные результаты, свидетельствующие, что для изучения и отбора генотипов, обладающих этими признаками, можно использовать специфические праймеры, созданные в институте.



Сотрудники лаборатории маркер-ориентированной селекции сахарной свеклы: н.с. А.В. Моисеенко, мл.н.с. Т.С. Руденко



В настоящее время учеными разработана технология клонирования генов хозяйственно-ценных признаков для создания исходного материала сахарной свеклы нового поколения. В перспективе сотрудникам предстоит создать молекулярные маркеры, сцепленные с агрономически-ценными признаками, которые будут использовать для маркер-ассоциированной селекции с целью генотипирования и создания новых улучшенных гибридов сахарной свеклы.

Результаты молекулярно-генетического анализа перспективных генотипов сахарной свеклы обрабатываются с использованием современных биоинформатических инструментов.



Коллектив возглавляемый М.Н Сащенко

Сотрудники отдела биотехнологии регулярно проходят повышение квалификации по инновационным направлениям молекулярной генетики и биотехнологии в ведущих НИИ и вузах страны. Активно участвуют с докладами на конференциях, съездах, симпозиумах различного уровня, пропагандируя свои разработки и их внедрение в селекционную практику. Так, в 2024 г. сотрудники лаборатории маркер-ориентированной селекции заняли призовые места в XV Международном конкурсе научно-исследовательских работ. На конкурсную программу была представлена «Разработка технологий молекулярно-генетической идентификации и паспортизации гибридов сахарной свеклы с использованием микросателлитных маркеров».

Также специалисты отдела участвуют в подготовке будущих научных кадров, начиная от агроклассов школ и заканчивая студентами ВГАУ и ВГУ, путем проведения экскурсий и практических занятий по маркер-ориентированной селекции, внедрению методов биотехнологии в селекционный процесс.

Ведущие ученые отдела биотехнологии постоянно внедряют методы молекулярной генетики и биотехнологии непосредственно в селекционный процесс сахарной свеклы при создании высокопродуктивных, устойчивых к био- и абиотическим факторам гибридов нового поколения.

В число важнейших подразделений ВНИИСС входит отдел селекции полевых культур (существует со дня организации опытной станции в 1922 года), который объединяет две лаборатории. Одна из них занимается селекцией сахарной свеклы на ЦМС основе, продолжая многолетнюю работу д.с.-х.н. В.П. Ошевнева и к.с.-х.н. Н.П. Грибановой. В настоящее время селекционные исследования проводятся под руководством к.б.н. М.Н. Сащенко. Коллективу приходится прилагать большие усилия для дальнейшего развития этого научного направления. Но, несмотря на сложную задачу, уже получены хорошие результаты. Благодаря совместной работе с лабораторией молекулярной биотехнологии осваиваются методы ускоренной селекции. Успешно проходят исследования по изучению линейного материала, размноженного в культуре тканей, который широко используется в программах гибридной селекции. На государственное сортоиспытание передан перспективный гибрид сахарной свеклы нового поколения РМС 505.

Для продолжения и расширения масштабов исследований запланировано восстановить теплицу, что даст толчок к развитию селекционных процессов, обеспечивающих высокие результаты. Это в свою очередь может повысить престиж профессии ученого и привлечь в науку выпускников ВУЗов и колледжей.

Такую практику уже проходят молодые сотрудники лаборатории селекции сахарной свеклы на ЦМС основе. Они изучают всех этапы селекционного процесса, начиная от разбивки поля, составления схем посадки корнеплодов и посевов, фенологических исследований селекционного материала, процесса уборки семенных растений и корнеплодов, хранения маточного материала и заканчивая его браковкой. Их живой интерес к исследованиям позволяет надеяться, что они внесут свой вклад в науку и создадут новые конкурентоспособные гибриды сахарной свеклы, адаптированные к различным агроэкологическим зонам и обладающие высокими технологическими качествами.

Учитывая, что развитию новых процессов способствует предшествующий опыт, перед учеными была поставлена задача провести инвентаризацию генетической коллекции, насчитывающей 3,2 тыс. образцов, и отобрать перспективный, оригинальный материал для дальнейших исследований. В реализацию такой масштабной задачи вносит вклад вторая лаборатория отдела селекции – лаборатория селекции исходного материала и гетерозисных опылителей. В основу исследований положены многолетние результаты работы и селекционных материалов член-корр. РАН, д.с.-х.н. А.В. Корниенко и д.с.-х.н. М.А. Богомолова, успешно продолжаемые сейчас н.с. А.А. Сенютиным. Под его руководством проводится большая работа по фенотипированию коллекционных образцов, отбору перспективных закрепителей стерильности (О-типов), МС форм, тетраплодных генотипов.



Питомник сравнительного испытания генотипов сахарной свеклы

Особое внимание направлено на выявление генотипов с ценными селекционными признаками. Для ускорения процесса используется анализатор плоидности, обеспечивающий быстрый результат по выявлению диплоидов, триплоидов, тетраплоидов и отбраковке ненужного материала. Ученые составляют определенные комбинации скрещиваний на основе маркер-ориентированной технологии. Так, с учетом генетической дивергенции родительских пар созданы 2 перспективных гибрида РМС 133 и РМС 137, внесенные в Госреестр селекционных достижений РФ. Получено достаточное количество семян для внутреннего сортоиспытания, которое, по прогнозам, обеспечит хорошие результаты.

Ученые проводят отбор и размножение линейного материала сахарной свеклы, активно работают над созданием нового исходного материала, раздельноплодных и сростноплодных линий культуры, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам с высокой комбинационной способностью для получения материнских и отцовских компонентов гибрида.

Свой вклад в эту работу вносят биотехнологи, которые в условиях *in vitro* занимаются размножением и сохранением наиболее ценного селекционного материала. Отобрать необходимый для дальнейшей работы семенной материал очень сложно, потому что при длительном хранении семена поражаются большим количеством различных патогенов. Для борьбы с ними приходится применять разные антибиотики и часто менять питательные среды, что приводит к гибели молодых проростков.

Несмотря на трудности, ученые упорно двигаются к намеченной цели — получению перспективных генотипов сахарной свеклы, обладающих высокой продуктивностью, технологическими качествами,

устойчивостью к болезням и неблагоприятным факторам среды. При этом основное внимание уделяется повышению сахаристости корнеплодов, снижению содержания в них нес сахаров, устойчивости свеклы к засухе, болезням листового аппарата и корнеплодов.

Так, на опытных делянках селекционерами ежегодно исследуются более 150 генотипов исходных материалов. Данные образцы в питомниках свеклы I года вегетации оцениваются по биоморфологическим признакам, форме корнеплода, технологическим качествам, в результате бравок по утилитарным признакам для дальнейшего селекционного процесса отбираются источники и доноры селекционно-ценных признаков.

На семенных растениях сахарной свеклы, расположенных на изолированных участках в посевах озимых культур, подсолнечника до начала цветения растения проходят фенотипическую оценку по фертильности, стерильности. Растения со 100% - ной стерильностью, раздельноплодностью скрещиваются под парными изоляторами с самофертильными раздельноплодными закрепителями стерильности Оуэн — (О-типа). Сформировавшиеся семена на МС-растениях в условиях изоляции в дальнейшем используются для выращивания маточных корнеплодов МС-форм.

Ежегодно селекционеры испытывают не менее 200 гибридных комбинаций на свекле I года вегетации, из которых потом отбираются лучшие по продуктивности, технологическим качествам, устойчивости к болезням листового аппарата и корнеплодов.

На всех участках осуществляют уход за растениями: формирование густоты насаждений, удаление сорняков, проводится фенотипическое описание и оценка селекционно-ценных генотипов сахарной свеклы.

Результатом работы всего коллектива ученых ВНИИСС за последние 10 лет является создание высокопродуктивных гибридов сахарной свеклы на стерильной основе — РМС 127, РМС 129, РМС 501, Конкурс, РМС 133, которые включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации. В 2023 году 3 диплоидных гибрида селекции ВНИИСС — РМС 137, РМС 503 и Льговский МС 17 были внесены в Госреестр РФ, причем последний уже получил патент на селекционное достижение. В Госсортокмиссию в 2024 году передан гибрид РМС 505 селекции ВНИИСС.

В текущем году испытания успешно прошли два гибрида — Восход и Иней, созданные в рамках реализации КНТП «Создание высококонкурентных гибридов сахарной



Руководитель группы иммунитета сахарной свеклы в.н.с. О.И. Стогниенко



свеклы отечественной селекции и организация системы их семеноводства» учеными ВНИИСС и ООО «СоюзСемСвекла».

В состав селекционного отдела входит группа иммунитета сахарной свеклы, которая также продолжает фитопатологические исследования, начатые в 1927 году с организации миколого-энтомологической станции.

Данной группой руководит д.б.н., в.н.с. О.И. Стогниенко. Изучением болезней корнеплодов и поддержанием коллекционных образцов патогенных штаммов грибов занимается к.б.н., в.н.с. Г.А. Селиванова. В настоящее время в этом подразделении проводятся исследования по выявлению устойчивых форм к инфекционным болезням корнеплодов (гнили корнеплодов в период вегетации, кагатная гниль, болезни листьев) среди селекционного материала; отслеживаются изменения в структуре популяции возбудителей гнилей и болезней листьев сахарной свеклы; изучается структура популяций почвенных грибов в свекловичных агроценозах основных зон свеклосеяния Российской Федерации, устанавливаются закономерности увеличения инфекционной нагрузки и возникновения эпифитотий корневых гнилей в свекловичных агроценозах. Ежегодно проводится мониторинг болезней сахарной свеклы в основных зонах свеклосеяния РФ. Продолжается изучение структуры популяции почвенных нематод в свекловичных агробиоценозах.

В течение многих лет поддерживается и обновляется коллекция фитопатогенных грибов – возбудителей болезней сахарной свеклы.

В связи с тем, что фитопатологическая обстановка свекловичных агроценозов постоянно меняется, учеными института начато изучение новых инвазивных вирусных и фитоплазменных болезней, переносчиков и их вирофорность.

Еще одно подразделение селекционного отдела – это группа селекции культур зерносвекловичного севооборота, деятельность которой берет свое нача-

ло с 1923 г. Основным направлением исследований является создание новых высокоурожайных сортов гороха посевного для различных агроэкологических зон, устойчивых к комплексу вредителей и болезней. Особое внимание уделяется изучению и получению неосыпающихся форм гороха с устойчивостью к аскохитозу и фузариозу. Достижением данного подразделения является создание таких районированных сортов гороха как Рамбел, Зенит, АМЗК 99, Рамонский 06, РИФ 12. Следует отметить значимый вклад с.н.с., к.с.-х.н. Амелиной К.В., с.н.с. Земенковой Л.И., н.с. Козьяковой Т.Н., м.н.с. Демидовой С.Ю. в развитие направления по селекции зерновых и зернобобовых культур. С 2019 г. сотрудники ведут селекционную работу по сое. На сегодняшний день сформирован коллекционный питомник сои, включающий более 30 сортообразцов отечественной и зарубежной селекции.

В ФГБУ «Льговская опытно-селекционная станция» (Курская область), которое является филиалом института, ведется селекционная работа по нескольким сельскохозяйственным культурам: сахарной свекле, пшенице озимой, вике яровой, овсу. Большой масштаб исследований, выполненных учеными ЛОСС (к.с.-х.н. Кравцов Ю.Ф., к.с.-х.н. Добросотскова В.Д., к.с.-х.н. Серета Н.В., Куликова Н.В.), позволил добиться высоких результатов. Сорта озимой пшеницы Льговская 4 и Льговская 8 пользуются широким спросом со стороны сельхозтоваропроизводителей и занимают в посевах площадь не менее 2 млн. га.

В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации, находится 48 гибридов сахарной свеклы, 6 – кормовой свеклы, 6 сортов гороха, 3 сорта озимой пшеницы, 3 сорта овса, 4 сорта вики яровой, 3 сорта стевии, 2 сорта цикория корневого, 1 сорт фасоли селекции института. Объекты интеллектуальной собственности охраняются 7 действующими патентами. В 2024 г. получены патенты на гибрид сахарной свеклы Льговский МС 17 и озимую пшеницу Льговская 31.

На этом материал о деятельности единственного в стране научного учреждения, охватывающего весь спектр исследований по сахарной свекле, не заканчивается. В следующем номере журнала мы продолжим знакомство с другими научными лабораториями, без которых было бы сложно создавать гибриды нового поколения, отвечающие требованиям современного сельскохозяйственного производства.

От редакции: по итогам проведенной встречи и обмена информацией было решено усилить совместную работу, направленную на популяризацию достижений ВНИИСС в области молекулярной генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства, агротехники и защиты растений сельскохозяйственных культур. Это будет служить повышению статуса научного учреждения и расширению масштабов наиболее актуальных исследований и их внедрения в практику свеклосеющих компаний.

Материал подготовлен Г.И. Балабановой совместно с учеными ВНИИСС.



Сотрудники группы селекции культур зерносвекловичного севооборота