

Генофонд для селекции сахарной свёклы

С.А. МЕЛЕНТЬЕВА (e-mail: melenteva-s@mail.ru)

М.Л. ЦВИРКО, Л.А. АЗАРКО, А.М. ПРИЩЕПОВА, Л.П. ТЕЛЕГИНА

РУП «Опытная научная станция по сахарной свёкле»

Введение

Сахарная свёкла — относительно молодая культура. Она появилась в результате интенсивной работы селекционеров, начало которой было положено в 1747 г. директором Берлинской академии наук А.С. Маркграфом. Постепенно в результате селекционных работ содержание сахара в корнях сахарной свёклы увеличилось, улучшились урожайность и технологические качества. Всё это привело к тому, что она стала занимать главенствующие позиции на рынке.

Производству требуются гибриды свёклы, сочетающие высокую продуктивность с устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессовым факторам. Успех такой работы определяется не только наличием отечественного фонда, но и привлечением мировых генетических ресурсов. Для эффективной селекционной работы с сахарной свёклой необходим скрининг имеющихся генетических ресурсов (диких и культурных), изучение их генетической изменчивости различными методами с идентификацией генов хозяйственно ценных признаков и выявлением их носителей как ценного исходного материала для гибридизации.

Результаты исследований

Коллекция генетических ресурсов сахарной свёклы сосредоточена на РУП «Опытная научная станция по сахарной свёкле» и составляет более 350 образцов. Она

постоянно пополняется за счёт создания новых экземпляров на основе собственных материалов с помощью различных методов отбора и улучшения сортов, благодаря обмену образцами генофонда с национальными генетическими банками и селекционными учреждениями, путём получения межвидовых гибридов от скрещивания сахарной свёклы с дикими родственниками. Расширение генетического разнообразия является весьма важной целью селекции.

До 2012 г. генофонд сахарной свёклы был представлен главным образом сортообразцами восточного (русского) и центрального (украинского) лесостепных экотипов, полученными из материалов

Белоцерковской, Ялтушковской, Веселоподолянской, Немерчанской, Межотненской и Львовской опытных станций, ВНИИСС имени А.Л. Мазлумова, ВИРа. Основными источниками пополнения коллекции после 2012 г. стали обмен исходным материалом с селекционными учреждениями Сербии и Польши, а также предоставление генетических ресурсов Генетическим банком США, WRPIS (Washington State University Regional Plant Introduction Station, USA). Состав коллекции по стране происхождения представлен на рис. 1. Наибольшую часть составляют белорусские образцы — 31 %. Также широко представлены коллекции из США и России.

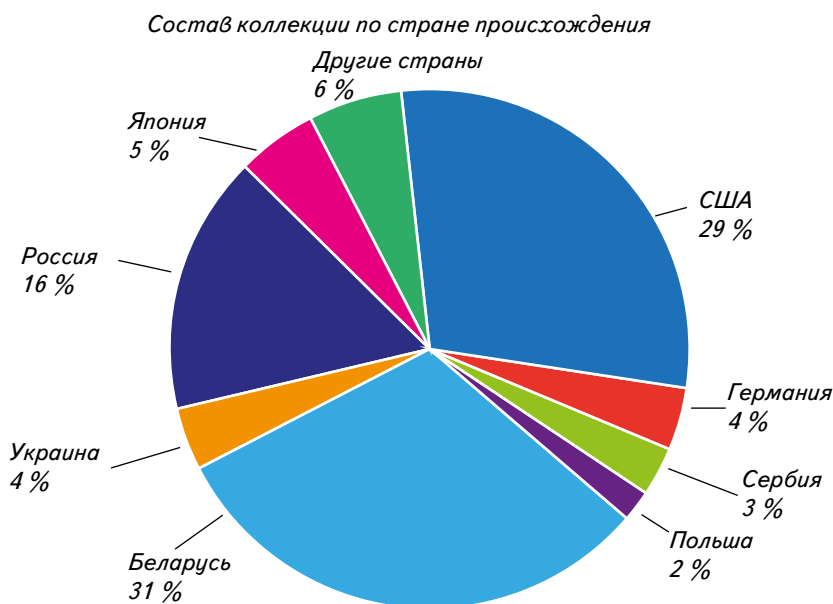


Рис. 1. Относительная доля образцов различных географических регионов в коллекции сахарной свёклы

Приоритетами для привлечения новых образцов в коллекцию является потенциальная биологическая и селекционно-генетическая ценность образцов и возможность использования в целях улучшения основных признаков сахарной свёклы: агрономическая ценность, соответствие почвенно-климатическим условиям страны, наличие ценных генов, перспективных для селекции.

Изучение исходного материала — это непрерывный процесс. Ежегодно коллекционному материалу даётся характеристика по основным элементам: продуктивности, устойчивости к биотическим и абиотическим факторам в естественных условиях и на инфекционно-провокационных фонах [1–5].

Генетическая коллекция сахарной свёклы включает в себя об-

разцы, устойчивые к ризомании, церкоспорозу, корневым гнилям, нематоду, цветущности, а также обладающие важными для селекции признаками: цитоплазматическая и ядерная стерильность, линии — закрепители стерильности, самофертильные, многосемянные и односемянные образцы. Сформированные коллекции представляют особую ценность как исходный материал для селекции и других научных исследований.

На рис. 2 представлено разнообразие образцов по морфологическим признакам: волнистости, глянцевости, морщинистости, интенсивности окраски, форме розетки листьев.

В основе выделения источников ценных признаков при оценке коллекции находится продуктивность. В таблице представлено варьирование по основным показателям продуктивности материалов различного происхождения.

Как видно из таблицы, образцы с высокими показателями урожайности, сахаристости, по сбору очищенного сахара можно выделить в различном по происхождению материале. Полученные результаты позволили выделить образцы урожайностью более 75 т/га и сахаристостью более 18 % в коллекции американского, белорусского происхождения и в группе межвидовых гибридов. Последние прошли несколько циклов отборов, чтобы восстановить урожайность и форму корнеплода, поэтому многие



Рис. 2. Разнообразие по морфологическим признакам: волнистость, глянцевость, морщинистость, интенсивность окраски, форма розетки листьев

Варьирование образцов коллекции различного происхождения по основным показателям продуктивности (2019 г.)

Исследуемый материал	Основные показатели продуктивности						
	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Калий	Натрий	Альфа-азот	Потери сахара в мелассе, %	Сбор очищенного сахара, т/га
			Ммоль/100 г				
Образцы из США	52–77	15,2–18,1	5,9–4,5	0,3–0,5	4,0–2,4	2,3–2,7	6,6–11,2
Образцы из Сербии	63–72	16,9–18,0	4,8–5,0	0,4–0,5	2,5–3,4	2,3–2,6	9,9–10,5
Образцы из Российской Федерации	63–71	15,6–16,4	4,8–5,6	0,4–0,6	3,3–3,6	2,5–2,6	8,6–9,8
Образцы из Республики Беларусь	57–75	16,6–18,2	4,1–5,6	0,4–0,6	2,5–3,9	2,3–2,6	8,5–11,1
Межвидовые гибриды	43–77	15,6–17,1	6,4–4,3	0,3–0,5	2,2–4,6	2,2–3,0	5,6–10,4

из них имеют хорошие показатели продуктивности.

Содержание мелассообразующих веществ (K, Na, α -N) мешает экстракции кристаллизованного сахара, остающегося в определённых количествах в мелассе. К образцам хорошего качества относятся экземпляры, имеющие потери при экстракции 2,2–2,4 %, удовлетворительного качества — 2,41–2,9 %, плохого — 2,91–3,2 %, очень плохого — более 3,21 % [6]. Необходимо отметить, что большинство образцов характеризуется хорошими технологическими качествами.

Таким образом, имея более богатый и разнообразный состав линий, можно ожидать, что на пути гибридизации высокопродуктивных линий генетически различного происхождения гораздо выше возможность получения гетерозисного эффекта по основным элементам продуктивности.

В жёстких условиях инфекционного фона проводится оценка и отбор устойчивых линий, генотипов к церкоспорозу (*Cercospora beticola* Sacc.), фузариозу (*Fusarium* spp.), ризоктониозу (*Rhizoctonia solani* Kuhn) (рис. 3) [7, 8]. На некоторых номерах наблюдалась практически полная гибель растений от корне-

вых гнилей, но имелись образцы, которые проявляли устойчивость к заболеваниям.

Помимо визуальной оценки поражения гнилями корнеплода специалистами ГНУ «Институт леса НАН Беларуси» был проведён и молекулярно-генетический анализ генетической плазмы свёклы на наличие источников устойчивости. Для выявления устойчивых селекционных образцов сахарной свёклы на основании сравнительного анализа используемых диагностических локусов фитопатогенных грибов *Rhizoctonia solani* и *Fusarium oxysporum* были выбраны ДНК-маркеры, позволяющие выявлять инфекцию в растительных образцах [9]. В результате исследования выделены и рекомендованы образцы для дальнейшей селекционной работы по признаку устойчивости к данным заболеваниям.

Расширение генетического разнообразия является весьма важной проблемой в селекции. Для улучшения отдельных признаков необходимо привлекать разнообразный материал. Создание новых сортов с повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды требует привлечения генофонда диких видов

свёклы с целью перекомбинации полезных признаков и свойств.

Когда появились болезни, такие как нематода свёклы (*Heterodera schachtii*) или ризомания — некротическое пожелтение жилок (BNYVV), использование экзотической гермиплазмы стало более актуальным. В итоге проверки многих селекционных линий генов сопротивления этим вредителям и болезням обнаружено не было. Источники сопротивления к ризомании были найдены в *Beta maritima*, которая легко скрещивается с сахарной свёклой. Единственным эффективным методом защиты на заражённой ризоманией территории является использование устойчивых гибридов. Поэтому основное внимание в борьбе с этим заболеванием отводится селекционно-генетическим методам.

Проведён молекулярно-генетический анализ SSR-локусов хромосомной ДНК сахарной свёклы, ассоциированных с признаком устойчивости к ризомании. Для оценки генотипов образцов сахарной свёклы осуществлён анализ микросателлитных локусов, локализованных в хромосоме III и ассоциированных с генами устойчивости к ризомании *Rz1*, *Rz2*

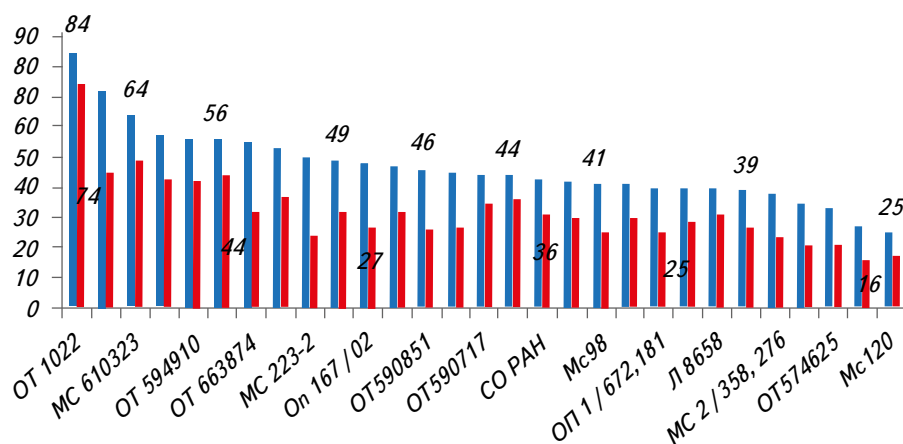


Рис. 3. Оценка коллекционного материала по устойчивости к ризоктониозу: ■ — распространение; ■ — развитие

и R_z3. На основании молекулярно-генетического типирования SSR-локусов составлены мультилокусные генетические портреты образцов сахарной свёклы, анализ которых позволил выделить устойчивые биотипы. Проверка данного селекционного материала и гибридов проводилась также в условиях инфекционного фона Ровенской области (Украина). В результате иммуноферментного анализа (ИФА) были выделены образцы, которые подтвердили свою устойчивость в полевых условиях.

Проведён скрининг коллекции по наличию генов устойчивости к нематод. Полученные данные свидетельствуют о присутствии данного признака более чем у 30 образцов. Они представляют межвидовые гибриды от скрещивания *Beta vulgaris* с *Beta maritima* и *Beta vulgaris* с *Beta procumbent*.

В результате многолетнего комплекса работ по пополнению генетической коллекции и изучению различных исходных материалов были созданы новые гибриды сахарной свёклы. За последние шесть лет районировано шесть диплоидных гибридов урожайно-сахаристого направления, которые включены в Государственный реестр сортов и растений Республики Беларусь в 2014–2020 гг. Они отличаются высокими урожайностью и сахаристостью, обладают хорошей технологичностью, пригодны для средних сроков уборки. Гибриды Белпол и Алиция устойчивы к ризомании, по продуктивности не уступают зарубежным аналогам и эффективно показали себя в различных экологических условиях. В 2016 г. гибрид Белпол включён в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в ЦЧЗ Российской Федерации. Полибел, Белпол, Алиция, Смежо, Конус — сегодня производителям есть что выбрать из

отечественных гибридов сахарной свёклы.

Заключение

Основная задача исследований на ближайшую перспективу — дальнейшее пополнение генофонда, создание признаков и генетических коллекций, повышение эффективности использования генофонда в селекции и сельском хозяйстве Республики Беларусь. Все выполняемые задачи (мобилизация нового материала, сохранение, оценка и использование коллекции) направлены на то, чтобы современная селекция наряду с традиционными запросами производства (продуктивность, устойчивость к неблагоприятным факторам, технологичность и т. п.) была ориентирована на развивающиеся в мире новые тенденции использования культур, новые технологии их переработки, создание экологически устойчивого сельского хозяйства.

Список литературы

1. Буренин, В.И. Изучение и поддержание мировой коллекции корнеплодов (свёкла, репа, турнепс, брюква) : Метод. указания / ВАСХНИЛ, ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова / В.И. Буренин [и др.]. — Л. : ВИР, 1989.
2. Буренин, В.И. Генетические аспекты изучения свёклы / В.И. Буренин, В.Т. Красочкин // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции : Всесоюзный институт растениеводства. — 1971. — Т. 44. — Вып. 1. — С. 189–215.

3. Буренин, В.И. Адаптивный материал геноресурсов рода *Beta* L. / В.И. Буренин, А.К. Нурмухамедов // Сахарная свёкла. — 1998. — № 5. — С. 7–8.

4. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность, свёкла сахарная — М. : Государственная комиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений, 1996.

5. Методика исследований по сахарной свёкле. — Киев : ВНИС, 1986. — 71 с.

6. Шпаар, Д. Сахарная свёкла (выращивание, уборка, хранение) / Д. Шпаар. — Минск : Орех, 2004. — 326 с.

7. Buddemeyer, J. Genetic variation in susceptibility of maize to *Rhizoctonia solani* (AG 2-2IIIB) — symptoms and damage under field conditions in Germany (Genetische Variation in der Anfälligkeit von Mais gegenüber *Rhizoctonia solani* (AG 2-2IIIB) — Symptome und Schäden im Feld in Deutschland) / J. Buddemeyer [et al.] // Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (Journal of Plant Diseases and Protection). — 2004. — P. 521–533.

8. Virulence, distribution and diversity of *Rhizoctonia solani* from sugar beet in Idaho and Oregon / C.A. Strausbaugh [et al.] // Canadian journal of plant pathology. — 2011. — V. 33(2). — P. 210–226.

9. Kristensen, A.K. Characterization of a new antifungal non-specific lipid transfer protein (nsLTP) from sugar beet leaves / A.K. Kristensen [et al.] // Plant Science. — 2000. — Т. 155. — № 1. — С. 31–40.

Аннотация. Освещены основные этапы работы с генетическими ресурсами сахарной свёклы в Республике Беларусь. Представлен генетический фонд, собранный в РУП «Опытная научная станция по сахарной свёкле». Показаны результаты практического использования генофонда сахарной свёклы в селекции. **Ключевые слова:** генофонд культурных растений, селекционный процесс, коллекции, сахарная свёкла, устойчивость.

Summary. The main stages of working with genetic resources of sugar beet are reviewed in the article. The genetic fund, which was collected in the Republican unitary enterprise «Research Scientific Station of Sugar Beet», is described as well. The main results include aspects to use genetic resources of sugar beet in breeding.

Keywords: genetic resources, crop gene pool, breeding, collection, sugar beet, resistance