

УДК 631.527:635.112

**В. И. Буренин,  
Т. М. Пискунова,  
Д. В. Соколова**

Федеральный  
исследовательский центр  
Всероссийский институт  
генетических ресурсов  
растений имени  
Н. И. Вавилова,  
190000 Санкт-Петербург,  
ул. Б. Морская д. 42, 44,  
Россия,  
e-mail: v.burenin@vir.nw.ru

**Ключевые слова:**

*раздельноплодность, наследование признаков, генетические источники, исходный материал для селекции*

**Поступление:**

28.06.2016

**Принято:**

06.12.2016

## ГЕНОФОНД ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ РАЗДЕЛЬНОПЛОДНОЙ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ

Актуальность. Раздельноплодность – важный биологический признак, имеющий большое хозяйственное значение при возделывании свеклы. Для столовой свеклы важны также скороспелость, холодостойкость/нецветушность, устойчивость к болезням. По этим показателям раздельноплодные сорта пока уступают сростноплодным (многосемянным). Для создания конкурентоспособных сортов и гибридов раздельноплодной свеклы особенно важно наличие разнообразного, всесторонне изученного исходного материала. Как показала селекционная практика, наиболее эффективным является выделение и использование генетических источников и доноров важных признаков, включая раздельноплодность. Материалы и методы. Материалом для исследований послужили 60 раздельноплодных образцов из коллекции ВИР отечественного и зарубежного происхождения. Гибридизацию растений проводили при парной изоляции. Изучение и описание образцов столовой свеклы проводили согласно «Методическим указаниям ВИР по изучению и поддержанию в живом виде мировой коллекции корнеплодов». Агротехнические мероприятия выполнены в соответствии с требованиями, принятыми для северо-западной зоны. Перед уборкой проводили морфологическое описание образцов, включая признаки ассимиляционного аппарата и корнеплода. Экспериментальная работа выполнена на научно-производственной базе (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин, Санкт-Петербург) – на проявление признака раздельноплодности и устойчивости к корнееду, и в филиале Полярная опытная станция ВИР (г. Хибин, Мурманская обл.) – на устойчивость к цветущности. Результаты и выводы. В результате изучения коллекционных образцов столовой свеклы по уровню и характеру проявления признака раздельноплодности в потомстве выделено три группы: 1 – генетически раздельноплодные образцы; 2 – одноростковые популяции; 3 – гибриды первого поколения. Наибольший интерес представляют образцы первой группы, имеющие 100%-ную раздельноплодность семян и сохраняющие этот признак в потомстве  $I_1$  и  $I_2$ . При уточнении генетического контроля признака раздельноплодности подтверждено моногибридное наследование: растения потомства  $F_1$  были сростноплодные, в  $F_2$  – 75% сростноплодных и 25% раздельноплодных (расщепление 3:1). Практическое использование источников раздельноплодности идет двумя путями: 1 – вовлечение их в селекционный процесс и выведение раздельноплодных сортов; 2 – создание аналогов-источников раздельноплодности и на их основе гетерозисных гибридов. Второй путь оказался более сложным, но более эффективным. В результате гибридизации и использования эффекта гетерозиса при скрещивании раздельноплодных форм с сортами-опылителями сростноплодной свеклы получены гибриды  $F_1$ , характеризующиеся комплексом положительных признаков и свойств. В результате комплексного изучения генофонда столовой свеклы выделены и рекомендованы для использования в селекции генетические источники и донор раздельноплодности с рецессивным характером наследования.

V. I. Burenin,  
T. M. Piskunova,  
D. V. Sokolova

N. I. Vavilov All-Russian  
Institute of Plant Genetic  
Resources (VIR),  
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,  
St. Petersburg,  
190000 Russia,  
e-mail: v.burenin@vir.nw.ru

**Key words:**

*monogermity, inheritance of  
characters, genetic sources,  
source material for breeding*

**Received:**  
28.06.2016

**Accepted:**  
06.12.2016

## GENE POOL FOR BREEDING MONOGERM TABLE BEET

**Background.** Monogermity is an important biological trait that has great economic importance in beet cultivation. Also important for table beet are such traits as early maturity, cold tolerance/bolting resistance, and resistance to diseases. Monogerm varieties have low levels of these traits compared to the multigerm varieties. To produce competitive varieties and hybrids of monogerm beet it is especially important to have diverse and comprehensively studied source materials. As shown by breeding practice, the most effective way is to identify and use genetic sources and donors of important traits, including monogermity. **Materials and methods.** The object of our work was the culture of red beet. The material for the research were 60 monogerm accessions of domestic and foreign origin from the VIR collection. Plant hybridization was carried out with pair isolation. The study and description of the red beet accessions were performed according to the Methodological Guidelines of VIR on Studying and Maintenance in Live Condition of the Global Collection of Root Crops. Agrotechnical measures were implemented in accordance with the requirements adopted for the North-Western region. Before harvesting morphological description of the accessions was carried out, including the traits of their assimilation apparatus and root. Experimental work was performed at the scientific and industrial base "Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR" (Pushkin, St. Petersburg) where the expression of monogermity and root rot resistance were evaluated, and at the Polar Experiment Station of VIR (Khibiny, Murmansk region) where bolting resistance was analyzed in the first year of vegetation. **Results and conclusion.** As a result of studying the collection accessions of table beet for the level and nature of monogermity expression in the progeny, three groups were identified: 1 – genetically monogerm accessions; 2 – monogerm populations; and 3 – F<sub>1</sub> hybrids. Most interesting were the accessions from the first group as they had 100% of monogerm seed, and this character was retained in generations I<sub>1</sub> and I<sub>2</sub>. To determine the nature of inheritance of the monogermity trait in table beet monogerm plants of var. Mona (Denmark) was crossed with multigerm plants of var. Bordeaux 237. F<sub>2</sub> hybrids obtained from hybridization of the monogerm and multigerm table beets showed segregation in line with the monohybrid scheme. Practical use of the sources of monogermity goes two ways: (1) involving them in the breeding and development of monogerm varieties; and (2) producing heterotic hybrids on the basis of a monogerm source. The second way has proved to be more complicated but more effective. As a result of hybridization and use of heterosis in crosses between monogerm forms and multigerm table beet, F<sub>1</sub> hybrids characterized by a set of positive characters and properties were obtained. Complex studying of the gene pool of table beet made it possible to identify genetic sources and donors of monogermity with recessive nature of inheritance and recommend them for utilization in breeding practice.

### Введение

Раздельноплодность (синонимы – одноплодность, односемянность) – важный биологический признак, имеющий большое хозяйственное значение при возделывании свеклы. Из 15 видов рода *Beta* L. четыре – раздельноплодные. Остальные виды, включая культурные *B. Vulgaris* L. *B. cicla* L. – сростноплодные (синонимы – многоплодные, многосемянные). Попытки провести скрещивание раздельноплодных дикорастущих видов с культурными сростноплодными и получить фертильное потомство не увенчалось успехом (Zosimovich, 1968; Krasochkin, 1971; Burenin, 1983, 2007). В середине прошлого столетия генетикам и селекционерам удалось среди сростноплодных сортопопуляций сахарной свеклы обнаружить биотипы с раздельными плодиками, положившими начало новому этапу в селекции сахарной свеклы – созданию раздельноплодных сортов, а позднее – гетерозисных гибридов (Savitsky, 1958). На столовой свекле это направление несколько задержалось, что связано, с одной стороны, с особенностями технологии ее возделывания, когда для посева до определенного времени использовались односторонние семена (в полевых условиях обеспечивали появление по одному ростку), с другой, с меньшим уровнем селекционно-генетических исследований, учитывая меньшую значимость и распространенность этой культуры (Krasochkin, 1971).

Узким местом в современном сортименте столовой свеклы является недостаточное количество отечественных раздельноплодных сортов и гибридов, с наличием которых в значительной степени связано сокращение затрат ручного труда при выращивании. Другое важное требование к сорту-гибриду столовой свеклы – это холодостойкость и устойчивость к цветущности, что особенно важно для нашей страны, характеризующейся большим разнообразием почвенно-климатических условий. С холодостойкостью связана и устойчивость к такой распространенной и вредоносной болезни как корнеед.

Известно, что успех селекционной работы, в том числе с раздельноплодной

свеклой, во многом определяется наличием разнообразного, хорошо изученного исходного материала (Vavilov, 1935). На современном уровне исследований использование в селекции явлений гетерозиса, ЦМС, полиплоидии и др. невозможно без знания закономерностей наследования и характера изменчивости наиболее важных признаков, то есть без определенной информации о генетической природе того или иного признака, того или иного образца. В этом плане эффективным является поиск и выделение генетических источников и доноров важных признаков, позволяющих вести подбор родительских пар для скрещивания на научной основе. При этом под источником понимают выделенные по фенотипу формы с нужными селекционеру признаками; к донорам относят генетически изученные источники (Merezhko, 1994). В основе лежит детальное биологическое и агрономическое изучение лучших образцов-источников, включая наличие корреляций между наиболее важными признаками, степень скрещиваемости с улучшаемым сортом и характер проявления и наследования анализируемых признаков.

### Условия, материал и методы проведения исследований

Экспериментальная работа выполнена на научно-производственной базе (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин, Санкт-Петербург) – на проявление признака раздельноплодности и устойчивость к корнееду, и в филиале Полярная опытная станция ВИР (г. Хибинь, Мурманская обл.) – на устойчивость к цветущности. Почвы в Пушкине преимущественно дерново-подзолистые, супесчаные; сумма положительных температур – 1750–1850°C; сумма осадков – 275–305 мм; продолжительность вегетационного периода – 110–120 дней. В Хибинах в годы исследований в период вегетации минимальные температуры колебались от +4,5 до +7,5°C. Безморозный период длился лишь 60–80 дней, а период с температурой выше 10 градусов не более 70 дней. В результате сочетания с длинным днем (20–24 ч) создаются благоприятные

условия для вызывания цветущности на посевах. Материалом для исследований послужили 60 раздельноплодных образцов из коллекции ВИР отечественного и зарубежного происхождения. Гибридизацию растений проводили при парной изоляции (в бязевых изоляторах и изодомиках). Наблюдения, учеты и анализы выполняли согласно методическим указаниям по изучению коллекций корнеплодов (Burenin, Vlasova, Voskresenskaya, 1989). В качестве стандарта использовали районированный сорт 'Бордо 237' (к-201).

### Результаты и обсуждение

#### Выделение генетических источников раздельноплодности

На начальных этапах проведено детальное изучение образцов, включая поведение признаков в потомстве, а также связь их с другими признаками.

Необходимыми условиями при этом являются: 1 – выделение по фенотипу образцов с наибольшим числом селекционно-ценных признаков; 2 – выявление корреляций между признаками, по которым образцы выделены, включая отрицательные; 3 – наличие генетических характеристик, позволяющих предвидеть возможности использования выделенного образца в селекции. В результате анализа изучаемых образцов по уровню и характеру проявления признака раздельноплодности в потомстве выделены три группы: 1 – генетически раздельноплодные образцы; 2 – односторонние популяции; 3 – гибриды первого поколения (табл. 1). Из таблицы 1 видно, что в первую группу вошли образцы – 'Mona' (Дания), 'Monopoly' (Нидерланды), 'Monogram' и 'Monodet' (Великобритания), которые имели 100%-ную раздельноплодность оригинальных семян и сохраняли этот признак на том же уровне в I<sub>1</sub> и I<sub>2</sub> (Piskunova, 1990).

**Таблица 1. Уровень раздельноплодности образцов столовой свеклы (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»)**  
**Table 1. Level of monogermity in table beet accessions (Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR)**

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Количество раздельноплодных растений, %		
			I <sub>0</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>
Catalog number VIR	Accession	Origin	Quantity of monogerm plants, %		
			I <sub>0</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>
Генетически раздельноплодные образцы					
Genetic monogerm accessions					
3185	Mona	Дания	100	100	100
вр. 3022	Monopoly	Нидерланды	100	100	100
2939	Monogram	Великобритания	100	100	100
2940	Monodet	Великобритания	100	100	100
Односторонние популяции					
Monogerm populations					
3603	Monoking Burgundy	Франция	100	82	84
2059	Monoking Explorer	США	100	62	57
2945	Monorondo	Дания	100	69	79
2080	Односемянная	РФ	89	39	–
2147	Односторонняя	РФ	77	38	–
2979	Сквирская односемянная	Украина	77	37	–
3050	Валента	РФ	72	31	–

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Количество раздельноплодных растений, %		
			I <sub>0</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>
Catalog number VIR	Accession	Origin	Quantity of monogerm plants, %		
			I <sub>0</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>
3150	Вировская односемянная	РФ	70	30	–
Гибриды F <sub>1</sub>					
Hybrids F <sub>1</sub>					
вр. 3019	Mobile	Нидерланды	100	–	36
2095	Red Cross	США	100	–	31
2019	Pacemaker	США	100	–	30
2980	K-38-1-81	Украина	97	–	12
2002	Boltardy	Нидерланды	95	–	12

Ко второй группе отнесены: ‘Monorondo’ (Дания), ‘Monoking Burgundy’ (Франция), ‘Monoking Explorer’ (США), ‘Одноростковая’, ‘Односемянная’, ‘Валента’ и ‘Вировская односемянная’ (РФ) и ‘Сквирская односемянная’ (Украина). Они имели довольно высокий (75–85%) уровень раздельноплодности оригинальных семян, но при последующем репродуцировании раздельноплодность снижалась до 30–60%. В третью группу вошли образцы гибридного происхождения – ‘Mobile’ (Нидерланды), ‘Red Cross’ и ‘Pacemaker’ (США), ‘Boltardy’ (Нидерланды), K-38-1-81 (Украина). В первом поколении у них доминировала сростноплодность, а во втором наблюдалось расщепление с появлением 15–35% раздельноплодных растений. Исходя из полученных данных, наибольший интерес для последующих исследований представляют образцы первой группы, то есть со стабильным проявлением признака раздельноплодности в потомстве. При сравнении образцов этих групп выявлены значительные различия, в частности, по таким важным биологическим признакам как холодостойкость, устойчивость к цветущности, скороспелость и устойчивость к корнееду, по которым раздельноплодные формы уступают сростноплодным; урожайность их в среднем на 10–15% ниже. В мировой практике на сахарной свекле выход был найден в использовании раздельноплодных форм в качестве

материнских при скрещивании со сростноплодными опылителями и получения гетерозисных гибридов (Savitsky, 1958; Balkov, 1990).

#### Результаты генетического анализа

Известно, что сростноплодность свеклы контролируется серией аллелей гена *m*. В популяциях сростноплодной свеклы возникают гомозиготные формы *mm* (полностью раздельноплодные). При скрещивании раздельноплодных форм со сростноплодными гибриды первого поколения получают в основном сростноплодными. Однако доминирование бывает неполным. Наряду со сростноплодными, появляются отдельные растения с двусемянными плодиками, а некоторые имеют до 85 % раздельноплодности. В F<sub>2</sub> происходит расщепление в соотношении 3:1 и раздельноплодность наблюдается примерно у 25% растений. Скрещивание их вновь с раздельноплодными растениями или самоопыление дает потомство полностью раздельноплодное, тогда как сростноплодные растения из F<sub>2</sub> при скрещивании друг с другом раздельноплодных форм не дают. Это свидетельствует о том, что признак раздельноплодности обуславливается рецессивным геном *m* в гомозиготном состоянии (Savitsky, 1958). Для выяснения характера наследования признака раздельноплодности столовой свеклы было проведено контролируемое (с применением

кастрации) скрещивание раздельноплодных растений из образца 'Mona' (Дания) со сростноплодными растениями сорта 'Бордо 237'. Все растения  $F_1$  были дву- и трехплодные; в  $F_2$  – 75,8% сростноплодных и 24,2% раздельноплодных (Piskunova, 1990). При скрещивании растений 'Monoking Explorer' (США) со сростноплодными растениями сортов 'Ленинградская округлая' и 'Пушкинская плоская' потомство  $F_1$  также было сростноплодным, но в  $F_2$  наблюдалось расщепление на одно-, дву- и многоплодные в соотношении 1:2:2. Вместе с тем, учитывая, что двухплодные формы генетически близки к многоплодным, то расщепление по соотношению форм близко к 1:4. По-видимому, раздельноплодная форма 'Monoking Explorer' не является полностью гомозиготной по гену *m*, что следует учитывать при последующем генетическом анализе (Burenin, 2007).

#### *Идентификация генетических источников*

Одним из условий для включения лучших образцов в генетические источники является наличие генетических характеристик того или иного признака, позволяющих целенаправленно использовать их в селекции (Merezhko, 1994). В этом случае применима система анализа, когда для исследования привлекаются отдельные, специально подобранные образцы-источники. Не менее важным при этом является отсутствие у них существенных недостатков, связанных с передаваемым признаком. В наших исследованиях для сравнения разных образцов-источников раздельноплодности был использован принцип «сходства-различия» фенотипических и генотипических признаков, проявляющихся у разных форм. При сравнении изучаемых образцов-источников раздельноплодной столовой свеклы выявлены значительные различия по таким важным биологическим признакам, как холодостойкость и устойчивость к цветущности, скороспелость и устойчивость к корнееду (табл. 2). Из

таблицы 2 видно, что по большинству из этих признаков раздельноплодные образцы, как правило, уступали сростноплодным, урожайность их также была ниже. Вместе с тем, три образца-источника – 'Monopoly', 'Monodet' и 'Monogram', по изучаемым признакам были близки к лучшему источнику раздельноплодности 'Mona' (Дания) и включены в дальнейшие исследования. Два других образца – 'Monoking Explorer' и 'Monoking Burgundy' характеризовались сильной (до 50–60%) склонностью к цветущности. В результате урожайность их была низкая (70–80% к стандарту). Характерно, что семенники раздельноплодной свеклы нередко отличаются позднеспелостью. В  $F_1$  от скрещивания таких растений с раннеспелыми сростноплодными позднеспелость не проявляется. Однако в  $F_2$ , наряду с позднеспелыми раздельно-плодными и раннеспелыми сростноплодными, выщепляются раннеспелые раздельноплодные и позднеспелые сростноплодные формы, что говорит о том, что эти признаки контролируются разными генами.

#### *Размножение семян источников раздельноплодности*

Для практического использования образцов-источников раздельноплодности свеклы получили распространение два пути: 1 – вовлечение их в селекционный процесс и выведение новых раздельноплодных сортов; 2 – создание аналогов источников раздельноплодности и на их основе гетерозисных гибридов  $F_1$ . Известно, что более быстрое размножение семян источников раздельноплодности достигается при скрещивании их с малоплодными (одноростковыми) сортопопуляциями (Krasochkin, 1971; Burenin, 2007). В наших опытах при скрещивании раздельноплодных растений 'Monoking Explorer' (США) с 'Пушкинской плоской' однодвусемянной потомство  $F_1$  было в основном одно-двуплодным, но в  $F_2$  наблюдалось расщепление на одно-, дву-, трехплодные в соотношении 1:2:1, то есть преобладали (до 75%) малоплодные формы.

**Таблица 2. «Сходство-различие» генетических источников раздельноплодности столовой свеклы по морфолого-биологическим признакам**  
**Table 2. "Similarity-difference" between genetic sources of monogermity in table beet according to their morphological and biological traits**

Название и происхождение	Признаки корнеплода		Уровень раздельноплодности, %	Цветущность, %	Устойчивость к корнееду, балл	Вегетационный период, дней (Пушкин)	Урожайность, % к стандарту** (Пушкин)
	форма	индекс*					
Name and origin	Traits of root form	index	Level of monogermicity	Bolting, %	Resistance to Black Leg, points	Vegetation period, days (Pushkin)	Yields, % to the standard* (Pushkin)
Mona (Дания)	округлая	0,96	100	10-15	1,5-2	110-115	95-97
Monopoly (Нидерланды)	округлая	1,10	100	+–	+	+	+
Monogram (Великобритания)	округлая	1,13	100	+–	+	+	+
Monodet (Великобритания)	округлая	0,93	100	+–	+	+	+
Monoking Explorer (США)	округло-овальная	1,15	100	–	+	+	–
Monoking Burgundy (Франция)	округло-овальная	1,15	100	–	+	+	–

Примечание: (+) – сходное и (–) – разное проявление признака; (+–) – варьирование признака.

\*Соотношение длины корнеплода к ширине

\*\*Стандарт – районированный сорт 'Бордо 237' (к-201)

Последующий анализ показал, что односторонние сортопопуляции значительно различаются по уровню раздельноплодности, от 40 до 90% (табл. 3). Из таблицы 3 видно, что 5 популяций входят в группу с высокой степенью (80–90%) раздельноплодности. Причем 'Alvro Mono' и 'Mobile' характеризуются скороспелостью и относительной устойчивостью к корнееду. Отечественный образец 'Вировская односемянная', а также 'Banko Adoptiv' были относительно устойчивыми к цветущности. Исходя из изложенного, перечисленные сортопопуляции вполне могут использоваться в качестве компонентов для переопыления с источниками раздельноплодности, а следовательно, для их размножения. В результате наших исследований на основе одно-двусемянного сорта 'Ленинградская округлая' были сформированы четыре популяции:

1 – с высоким (80–85%) уровнем раздельноплодности;

2 – сравнительно устойчивая (20–25% цветух в Апатитах) к цветущности;

3 – относительно устойчивая (поражение 1,5–2,0 балла в Пушкине) к корнееду;

4 – урожайная (100–105% к стандарту). Лучшие биотипы, отобранные в каждой

группе по морфолого-биологическим и хозяйственно ценным признакам, были объединены и переопылены на изолированном участке. При последующем дополнительном отборе по хозяйственно-ценным признакам были созданы два сорта, включенные в Госреестр РФ по Северо-Западному региону: 'Валента' – в 1989 г., 'Вировская односемянная' – в 2004 г. Из указанных сортов 'Валента' уступала на 10–15% 'Вировской односемянной' по уровню раздельноплодности, но превышала ее по урожайности.

#### *Создание гетерозисных гибридов*

В послевоенные годы В. Т. Красочкиным (Krasochkin, 1957, 1960) среди семенников сростноплодной свеклы были обнаружены отдельные растения с частичной (70–80%) раздельноплодностью и созданы однодвусемянные сорта 'Пушкинская плоская' и 'Ленинградская округлая'. Однако более чем 20-летняя работа по улучшению этих сортопопуляций не увенчалась успехом; они уступали по урожайности сростноплодным стандартам и характеризовались позднеспелостью, особенно, на втором году жизни. Уровень раздельноплодности их был не стабильный.

**Таблица 3. Уровень раздельноплодности односторковых сортопопуляций столовой свеклы**  
**Table 3. The level of monogermity in monogerm populations of table beet**

Степень раздельноплодности:		
The level of monogermicity		
Высокая, 80–90%	Средняя, 60–79%	Низкая, 40–59%
High, 80–90%	Medium, 60–79%	Low, 40–59%
Alvro Mono и Mobile (Нидерланды), Monorondo (Дания), Односемянная (РФ), Вировская односемянна (РФ)	Banko и Adoptiv (Швеция), Racemaker (США), Односторковая (РФ), Сквирская односемянная (Украина)	Vikores (Нидерланды), Валента (РФ), Рось (Украина), Пушкинская плоская одно-двусемянная (РФ)

Опыт работы с сахарной свеклой убедительно показал, что добиться стабильности по основным биологическим и хозяйственно ценным признакам в этом случае удастся в результате гибридизации и использовании эффекта гетерозиса в  $F_1$ . В качестве материнского компонента используют раздельноплодную форму, в качестве отцовского – сростноплодную (Savitsky, 1958; Balkov, 1994). При этом основным критерием подбора сростноплодного компонента является комбинационная способность (Balkov, 1994). В полной мере это относится и к столовой свекле. Вместе с тем, следует иметь в виду, что результативность этой важной работы во многом зависит от совместимости скрещиваемых компонентов, от совпадения сроков цветения и опыления, а также их генетической разнокачественности (Krasochkin, 1971). В селекции свеклы на гетерозис в разные годы получили распространение два основных направления: 1 – скрещивание раздельноплодных и сростноплодных сортов (форм) на фертильной основе и 2 – гибридизация ЦМС-компонентов раздельноплодной свеклы со специально подобранными сростноплодными опылителями с хорошей комбинационной способностью. При первом варианте предполагается сплошная уборка семян и, соответственно, пониженный уровень раздельноплодности. Недостатком этого метода является значительное варьирование уровня гибридности, а, следовательно, и проявления гетерозиса. Степень раздельноплодности гибридных семян также варьирует. Второе направление более сложное и затратное, так как предполагает значительные изменения в семеноводстве: раздельный посев семян компонентов скрещивания, раздельная уборка и хранение маточных корнеплодов, раздельная на следующий год посадка их для переопыления в соотношениях 1:1; 1:2 или 1:3 (опылитель: ЦМС-форма) и раздельная уборка семян (Balkov, 1994). Этот метод получил широкое применение на сахарной свекле и позднее – на столовой. В настоящее время в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ включены 22 гибрида  $F_1$  столовой свеклы, что составляет около 17% от общего ее сортимента. Из них четыре – ‘Betollo’, ‘Boro’, ‘Red Claud’ и ‘Ronda’ (Нидерланды) рекомендованы практически для всех овощеводческих регионов России, то есть являются сортообразцами широкого ареала. Для создания их использованы ЦМС-формы раздельноплодной свеклы и сростноплодные опылители. Наряду с этим, во Франции применена гибридизация раздельноплодных фертильных форм с сортами-опылителями сростноплодной свеклы при раздельной уборке семян. В Госреестр включены гибриды  $F_1$  такого типа – ‘Borio’ и ‘Kestrel’; степень гибридности и раздельноплодности их приближается к 90–



95%. Отечественные гибриды F<sub>1</sub> – ‘Миледи’ и ‘Царица’ (НПФ Агрони), включены в Госреестр. Они созданы от скрещивания раздельноплодных форм с одностростковыми популяциями при совместной уборке семян; степень раздельноплодности их значительно варьирует.

#### *Исходный материал для селекции*

Основными требованиями, предъявляемыми к современным сортам и гибридам столовой свеклы со стороны производства, наряду с урожайностью и качеством продукции, являются скороспелость, холодостойкость/устойчивость к цветущности и устойчивость к корнееду. Проблема устойчивости свеклы к болезням, в частности к корнееду, обострилась в связи с переходом селекции на малокомпонентные сорта-популяции и гетерозисные гибриды, получаемые на основе ЦМС. В результате повышается генетическая однородность популяций, устойчивость которых быстро преодолевается при появлении новых агрессивных рас возбудителя (Oldemeyer, 1957). В связи с возросшими требованиями рынка, важной задачей селекции является создание скороспелых и холодостойких сортов и гибридов столовой свеклы, позволяющих получать высококачественную продукцию как при ранневесенних, так и подзимних сроках посева, а в южных областях – два урожая за сезон. Эти требования выдвигаются на передний план при возделывании раздельноплодной свеклы, которая по ряду признаков уступает сростноплодной, включая и признаки растений второго года жизни. При этом приходится решать задачи по поиску генотипов с ЦМС и закрепителей к ним, подбору аналогов этих форм и гетерозисных опылителей с хорошей комбинационной способностью. Несомненно, решение этих задач селекции возможно лишь при наличии разнообразного, хорошо изученного исходного материала с учетом основных направлений его использования. При этом важно знать характер проявления

селектируемого признака у образца в ряду поколений, в данном случае – раздельноплодности. Исходя из этого, был изучен и рекомендован для селекционного использования исходный материал раздельноплодной и сростноплодной столовой свеклы, выделенный по основным биологическим и хозяйственно ценным признакам (табл. 4). Из таблицы 4 видно, что менее представленной оказалась первая группа образцов – ‘Mona’ из Дании, ‘Monopoly’ из Нидерландов, ‘Monodet’ и ‘Monogram’ из Великобритании, среди которых не было холодостойких и устойчивых к цветущности. Урожайность их была не высокой. Образцы второй группы – ‘Alvgo Mono’ и ‘Mobile’ (Нидерланды), ‘Banko’ (Швеция), ‘Monorondo’ (Дания), ‘Одностростковая’, ‘Валента’ и ‘Вировская односемянная’ (Россия) характеризуются сравнительно невысокой (75–85%) раздельноплодностью, но повышенной устойчивостью к корнееду; урожайность их была на уровне стандарта. При этом ‘Forono’ (Дания), ‘Pacemaker’ (США) и ‘Vikor’ (Нидерланды) отличались холодостойкостью и повышенной урожайностью корнеплодов. Определенный интерес для использования в гетерозисной селекции представляют сростноплодные сорта с повышенной урожайностью, холодостойкие и устойчивые к корнееду. Из отечественных это – ‘Бордо 237’, ‘Подзимняя’ и ‘Браво’, а также ‘Айный’ и ‘Витену Бордо’ (Литва) и ‘Холодостойкая’ (Беларусь); из зарубежных – ‘Juwel’ (Нидерланды), ‘Tardel’ и ‘Halanga’ (Финляндия), ‘Probat’ (ФРГ), ‘Boldet’ (Великобритания), ‘Slowbolt’ (Дания), ‘Rubia’ (Швеция), ‘Ruby Queen’ (США), ‘Top Market’ (Австралия).

Перечисленные сорта обладают большим биологическим потенциалом и стабильностью основных хозяйственно ценных признаков при возделывании в разных почвенно-климатических зонах страны. Они с успехом могут использоваться в качестве опылителей при скрещивании с раздельноплодными формами (Burenin, Sokolova, 2014).

Таблица 4. Сортообразцы столовой свеклы, рекомендуемые в качестве исходного материала для селекции (Пушкин – Хибиньы, 2003–2007 гг.)

Table 4. Varieties of table beet recommended as source material for breeding (Pushkin – Khibiny, 2003–2007)

Признаки, по которым выделились образцы	Тип исходного материала:		
	Раздельноплодные формы	Одноростковые популяции	Сростноплодные сорта
The traits, which accessions are allocated	Type of the initial material		
	Monogerm form	Monogerm populations	Multigerm populations
Холодостойкость		Alvro Mono Banko Mobile Вировская односемянная	Подзимняя Fire Chief Rubia Slowbolt Halanga Extra Early Egypt
Скороспелость	Monopoly Mona	Adoptiv Banko Forono Alvro Mono Валента	Gracia Gladiator Detroit Retonda Little Egypt. Luxor Detroit Select Rubia
Устойчивость к корнееду	Monodet Monogram	Vikores Pacemaker Одноростковая	Forono Monorondo Pacemaker Валента Одноростковая
Урожайность	-	Adoptiv Banko Vikores Pacemaker Одноростковая ВИРСОК	Бордо Браво Айняй Early Egypt Fire Chief Probat Boldet Top Market Detroit Select Rubia Halanga Tardell

*Генетические источники  
раздельноплодности*

‘Mona’ (Дания). Корнеплоды округлые, на  $\frac{3}{4}$  длины погружены в почву. Головка маленькая. Образец среднеспелый. Склонен к цветущности. Среднеустойчив к корнееду. По урожайности уступает стандарту.

Товарность корнеплодов высокая. Лежкость корнеплодов при длительном (205–215 дней) хранении удовлетворительная (80–85%).

По результатам гибридизации и генетического анализа рекомендован для

селекционного использования в качестве донора признака раздельноплодности.

**‘Monopoly’** (Нидерланды). Корнеплоды округлые, со сбегом вниз; погружены в почву на  $\frac{3}{4}$  длины. Головка средней величины.

Образец раннеспелый. Склонен к цветущности. Устойчив к корнееду. Урожайность на уровне стандарта. Товарность высокая. Лежкость корнеплодов удовлетворительная.

Рекомендован для последующих исследований в качестве кандидата в доноры раздельноплодности.

**‘Monogram’** (Великобритания). Корнеплоды округлые, на  $\frac{3}{4}$  длины погружены в почву. Головка средней величины.

Образец среднеспелый. Склонен к цветущности. По урожайности близок к стандарту. Товарность корнеплодов высокая. Лежкость их при длительном хранении удовлетворительная.

Рекомендован в качестве кандидата в доноры раздельноплодности.

**‘Monodet’** (Великобритания). Корнеплоды округлые, на  $\frac{2}{3}$  погружены в почву. Головка средняя.

Образец среднеспелый. Склонен к цветущности. Относительно устойчив к корнееду. По урожайности близок к стандарту. Лежкость корнеплодов удовлетворительная.

Рекомендован в качестве кандидата в доноры раздельноплодности.

**‘Monoking Explorer’** (США) и **‘Monoking Burgundy’** (Франция). Корнеплоды округлой и овально-округлой формы. Головка маленькая. Образцы в сильной степени склонны к цветущности (в Пушкине – до 50%), в результате урожайность низкая (65–75%) к стандарту. Несмотря на это, указанные образцы представляют интерес для последующих исследований как источники раздельноплодности.

### Заключение

При изучении коллекционных образцов столовой свеклы выделены три группы: 1 – генетически раздельноплодные формы; 2 – односторонние популяции и 3 – гибриды F<sub>1</sub>.

В первую группу вошли образцы, которые имели 100%-ную раздельноплодность оригинальных семян и сохраняли этот признак при репродуцировании в I<sub>1</sub> и I<sub>2</sub>. Раздельноплодные формы, как правило, уступали сростноплодным по ряду биологических признаков (холодостойкость, нецветущность, скороспелость, устойчивость к корнееду); урожайность их была ниже стандарта. Вместе с тем, источники раздельноплодности – ‘Mona’ из Дании, ‘Monodet’ и ‘Monogram’ из Великобритании, ‘Monopoly’ из Нидерландов, представляют определенный интерес для использования в селекции, учитывая стабильное проявление у них этого важного признака в потомстве.

Практическое применение источников раздельноплодности: 1 – вовлечение в селекционный процесс и выведение новых раздельноплодных сортов; 2 – создание аналогов и на их основе гетерозисных гибридов F<sub>1</sub>. Вторым путем оказался более эффективным, что подтверждено результатами исследований как в нашей стране, так и за рубежом. При гибридизации и использовании эффекта гетерозиса от скрещивания раздельноплодных форм с сортами-опылителями сростноплодной свеклы получены гибриды F<sub>1</sub>, характеризующиеся комплексом положительных признаков и свойств, включая урожайность.

Решение современных задач селекции возможно лишь при наличии разнообразного, хорошо изученного исходного материала с учетом основных направлений его использования. При этом важно знать: 1 – уровень и характер проявления селективируемого признака в потомстве; 2 – соотношение положительных и отрицательных признаков и свойств; 3 – уровень адаптивного потенциала исследуемых образцов. В результате изучения выделены и рекомендованы для использования в селекции генетические источники, позволяющие создавать сорта и гибриды столовой свеклы, в соответствии с современными требованиями как со стороны производства, так и рынка.

## References/Литература

- Balkov I. Ja.* CMS of sugar beet (CMS saharnoj svekly). Moscow, 1990, 239 p. [in Russian] (*Балков И. Я.* ЦМС сахарной свеклы. М., 1990. 239 с.).
- Burenin V. I.* Beet (systematics, genetics, initial material and methods of breeding) (Svekla (sistematika, genetika, iskhodnyj material i metody selekcii). Leningrad, 1983, 379 p. [in Russian] (*Буренин В. И.* Свекла (систематика, генетика, исходный материал и методы селекции). Л., 1983. 379 с.).
- Burenin V. I.* Genetic resources of genus *Beta* L. (beet) (Geneticheskie resursy roda *Beta* L. (Svekla). St. Petersburg, 2007, 274 p. [in Russian] (*Буренин В. И.* Генетические ресурсы рода *Beta* L. (Свекла). СПб., 2007. 274 с.).
- Burenin V. I., Sokolova D. V.* About bolting of beet because of its cold tolerance (O cvetushnosti stolovoj svekly v svyazi s eyo kholodostojkost'ju) // Sbornik nauchnyh trudov PANI – Bulletin of branch of agricultural sciences PANI, iss. 5. St. Petersburg, 2014, pp. 56–66 [in Russian] (*Буренин В. И., Соколова Д. В.* О цветущности столовой свеклы в связи с ее холодостойкостью // Сб. научн. тр. ПАНИ. СПб., 2014. Вып. 5. С. 56–66).
- Burenin V. I., Vlasova E. A., Voskresenskaya V. V.* The study and maintenance of the world collection of roots (Izuchenie i podderzhanie mirovoy kolleksii korneplodov). Leningrad: VIR, 1989, 166 p. [in Russian] (Изучение и поддержание мировой коллекции корнеплодов. Л.: ВИР, 1989. 166 с.).
- Krasochkin V. T.* Beet (Svekla). Moscow – Leningrad, 1960, 439 p. [in Russian] (*Красочкин В. Т.* Свекла. М. – Л., 1960. 439 с.).
- Krasochkin V. T.* Beet // In: Flora of cultivated plants, vol. 19, Leningrad: VIR, 1971, pp. 7–266 [in Russian] (*Красочкин В. Т.* Свекла // В кн.: Культурная флора СССР. Т. 19. Л.: ВИР, 1971. С. 7–266).
- Krasochkin V. T.* Shaping beets // Proceedings on applied botany, genetics and breeding, 1957, vol. 31, iss. 2, pp. 131–135 [in Russian] (*Красочкин В. Т.* Формообразование у свеклы // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1957. Т. 31. Вып. 2. С. 131–135).
- Merezhko A. F.* The Problem of Donors in Plant Breeding (Problema donorov v selekcii rastenij). St. Petersburg: VIR, 1994. 127 p. [in Russian] (*Мережко А. Ф.* Проблема доноров в селекции растений. СПб.: ВИР, 1994. 127 с.).
- Oldemeyer R. K.* Sugar beet male sterility // Journ. Amer. Soc. Sugar Beet Techn., 1957, vol. 9, no. 6. pp. 381–386.
- Piskunova T. M.* Sources and donors monogermicity of table beet and their breeding value (Istochniki i donory razdel'ноплодной stolovoj svekly i ikh selekcionnaja cennost') // Avtoref. dis. ... kand. s.-kh. Nau – Author. Dis. ... Cand. agricultural Sciences. Leningrad: VIR, 1990, 15 p. [in Russian] (*Пискунова Т. М.* Источники и доноры раздельноплодной столовой свеклы и их селекционная ценность // Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л.: ВИР, 1990. 15 с.).
- Savitsky V. F.* Genetische Studien und Zuchtungsverfahren bei monogermen Ruben. Z.f. Pflanzenzucht, 1958, bd. 40, no. 1, s. 1–36.
- State register of breeding achievements permitted for utilization (Gosudarstvennyj reestr selekcionnykh dostizhenij, dopushhenykh k ispol'zovaniju).* Moscow, 2015, vol. 1, 468 p. [in Russian]. (*Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию*). М., 2015. Т. 1. 468 с.).
- Vavilov N. I.* Breeding as science // In: Theoretical base of plant breeding (Selekcija kak nauka // In: Teoreticheskie osnovy selekcii rastenij. Moscow-Leningrad, vol. 1, 1935, pp. 17–34 [in Russian] (*Вавилов Н. И.* Селекция как наука. // В кн.: Теоретические основы селекции растений. М. – Л. Т. 1, 1935. С. 17–34).
- Vavilov N. I.* Linnean species as a system (Linneevskij vid kak Sistema). Moscow – Leningrad: Selkhozgiz, 1931, 32 p. [in Russian] (*Вавилов Н. И.* Линнеевский вид как система. М. – Л., Сельхозгиз. 1931. 32 с.).
- Zosimovich V. P.* Wild species and origin of cultivated beets (Vidy dikoj i proishozhdenie kul'turnoj svekly) // In: Biologija i selekcija saharnoj svekly – Biology and breedind of sugar beet. Moskow, 1968, pp. 7–68 [in Russian]. (*Зосимович В. П.* Виды дикой и происхождение культурной свеклы // В кн.: Биология и селекция сахарной свеклы. М., 1968. С. 7–65).