ГЕНОФОНД ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ (СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ)

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-19-25

УДК 631.527:631.112

Поступление/Received: 09.04.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

В. И. БУРЕНИН, Д. В. СОКОЛОВА, Т. М. ПИСКУНОВА

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
✉ tmpiskunova@yandex.ru

THE GENE POOL FOR TABLE BEET BREEDING
(MODERN ASPECTS OF STUDY AND USE)

V. I. BURENIN, D. V. SOKOLOVA, T. M. PISKUNOVA

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources
(VIR),
42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000,
Russia;
✉ tmpiskunova@yandex.ru

Актуальность. Современное производство предъявляет повышенные требования к используемому сортименту, поэтому создание новых сортов и гибридов, максимально приспособленных к определенным почвенно-климатическим условиям, является актуальной задачей селекции. **Материалы и методы.** Материалом для исследований послужили образцы свеклы столовой, поступившие в коллекцию ВИР из 17 стран. Изучение образцов проводили в 2005–2015 гг. в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», в Центре генофонда и биоресурсов растений ВСТИСП и на Майкопской опытной станции – филиале ВИР согласно методическим указаниям ВИР. **Результаты.** Установлена связь между скороспелостью, устойчивостью к цветущности, холодостойкостью и устойчивостью к корнедуду. Наибольшее число изученных образцов имели средние показатели устойчивости к корнедуду. Выделившиеся по устойчивости к корнедуду сорта 'Asmer Detroit 72' (к-3113, Великобритания), 'Браво' (к-3047, Россия) и 'Подзимняя А-474' (к-1678, Россия) характеризовались также холодостойкостью и стабильной урожайностью. Установлены различия по устойчивости образцов к цветущности в зависимости от их происхождения. Наиболее устойчивыми к цветущности были сорта из Швеции и Финляндии, а также из Северо-Западного региона России. Скороспелые образцы 'Perfected Detroit Dark Red' (к-1815, Канада), 'Bikor' (к-2873, Нидерланды), 'Северный шар' (к-1586, Россия) и 'Полярная плоская' (к-1585, Россия) характеризовались высокими темпами нарастания вегетативной массы и были устойчивыми к цветущности. Отмечено, что образцы со 100% раздельноплодностью уступают сростноплодным сортам по скороспелости, устойчивости к цветущности и урожайности, но имеют близкие показатели по химическому составу и качеству корнеплодов. Выделены образцы широкого ареала, сохраняющие в разных условиях урожайности корнеплодов на уровне 115–120% к стандарту. **Выводы.** В результате исследований выделены образцы свеклы столовой, характеризующиеся комплексом биологических и хозяйственно ценных признаков. Установлена связь между скороспелостью, устойчивостью к цветущности и холодостойкостью. Для использования в селекции рекомендованы генетические источники раздельноплодности, холодостойкости, нецветущности, устойчивости к корнедуду, высокого качества продукции.

Ключевые слова: корнедуд, холодостойкость, раздельноплодность, скороспелость, устойчивость к цветущности, исходный материал для селекции.

Background. Modern production imposes increased requirements to the range of used cultivars, so the development of new cultivars and hybrids most adapted to certain soil and climatic conditions is an important task of breeding. **Materials and methods.** Table beet accessions from the VIR collection originating from 17 countries were chosen as the material for the present research. The accessions were studied at Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, at the Genetic Diversity and Plant Bioresources Center of the All-Russian Breeding and Technological Institute of Horticulture and Nursery (VSTISP) and at Maikop Experiment Station, a branch of VIR, according to VIR's guidelines. **Results.** The relationships between earliness, bolting resistance, cold tolerance and resistance to black root have been established. The majority of the studied accessions had medium resistance to black root. The cultivars 'Asmer Detroit 72' (k-3113, Great Britain), 'Bravo' (k-3047, Russia) and 'Podzimnyaya A-474' (k-1678, Russia) distinguished by resistance to black root, were also characterized by cold tolerance and stable productivity. The differences in bolting resistance among the accessions were found to depend on their origin. The cultivars from Sweden, Finland and from the Russian Northwest were most resistant to bolting. The early accessions 'Perfected Detroit Dark Red' (k-1815, Canada), 'Bikor' (k-2873, the Netherlands), 'Severny shar' (k-1586, Russia) and 'Polyarnaya ploskaya' (k-1585, Russia) were characterized by high rates of the vegetative mass growth and bolting resistance. It was noted that the absolutely monogermic varieties have lower ripening rates, productivity, and resistance to bolting, compared to the multigerm ones, but have similar chemical composition indicators and root quality. Accessions with a wide distribution area that maintain high root productivity at 115–120% to the reference in different climatic conditions have been identified. **Conclusions.** The research has resulted in the identification of table beet accessions characterized by a complex of biological and economically important traits. The relationships between earliness, resistance to bolting and cold tolerance have been revealed. Genetic sources of monogermicity, bolting resistance, cold tolerance, black root resistance and high root quality are recommended for the use in breeding.

Key words: black root, monogermicity, cold tolerance, early ripeness, bolting resistance, initial breeding material.

Введение

Столовая свекла (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) – важная овощная культура, возделываемая практически во всех почвенно-климатических регионах России.

Корнеплоды ее ценятся за содержание биологически активных веществ, минеральных солей, органических

кислот и витаминов. Важной особенностью столовой свеклы является способность ее корнеплодов сохранять полезные свойства при длительном хранении, включая пищевые и диетические достоинства. Все это определяет популярность и широкое распространение этой культуры, сравнительно высокий уровень селекционной работы и применяемых технологий возделывания.

Вместе с тем современное производство предъявляет повышенные требования к используемому сортименту, включая адаптивность к разнообразным условиям выращивания, а именно: устойчивость к вредителям и болезням, скороспелость, устойчивость к цветущности, качество продукции. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, отсутствуют сорта, обладающие высокими показателями по всем важным признакам. Поэтому создание новых сортов и гибридов, максимально приспособленных к определенным почвенно-климатическим условиям, является актуальной задачей современной селекции. При этом важен подбор и всестороннее изучение исходного материала с целью создания адаптированных сортов применительно к комплексным (интегрированным) системам производства данной культуры.

Материал, условия и методы проведения исследований

Материалом для исследований послужили образцы свеклы столовой, поступившие в коллекцию ВИР из 17 стран. Описание образцов в период вегетации, оценку их во время хранения и анализы проводили согласно методическим указаниям ВИР (Guidelines..., 1989). Изучение проводили в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин Ленинградской обл.), в Центре генофонда и биоресурсов растений (г. Михнево Московской обл.) и на Майкопской опытной станции – филиале ВИР (г. Майкоп Краснодарского края) в 2005–2018 гг. Почвенно-климатические условия в годы исследований значительно различались. В Пушкине почвы преимущественно дерново-подзолистые, супесчаные; в Михнево – суглинистые и глинистые; в Майкопе – черноземовидные, тяжело суглинистые. Наибольшая сумма температур за период вегетации (май – сентябрь) в годы исследований отмечена в Майкопе (2791°C); она сочеталась с более высокой суммой осадков (453 мм). В Пушкине и Михнево эти показатели составили 2043 и 2133°C; 325 и 321 мм соответственно. Вегетационный период в Пушкине – 110–120, в Михнево – 115–125 и в Майкопе – 140–150 дней.

Оценку образцов свеклы на холодостойкость и устойчивость к цветущности проводили на Полярной опытной станции ВИР – филиале ВИР (г. Апатиты Мурманской обл.), где минимальные температуры за период вегетации колебались от 4,4 до 7,8°C. Безморозный период длился 50–80 дней, а период с температурой не выше 10°C – не более 70 дней. В результате сочетания с длинным днем (20–24 часа в мае – июне) создаются благоприятные условия для выявления цветущих биотипов на посевах.

Известно, что в меняющихся условиях произрастания резко возрастает модификационная изменчивость, что позволяет выделять из популяций «нужные» генотипы, включая сочетание полезных признаков и свойств.

Результаты и обсуждение

Задачи современной селекции

В формировании стабильных урожаев свеклы столовой важную роль играет сочетание в сорте биологических (скороспелость, холодостойкость, нецветущность, устойчивость к болезням и вредителям) и хозяйственно ценных (урожайность и качество продукции) признаков. Известна зависимость между холодостойкостью, нецветущностью и скороспелостью, а также с устойчивостью к корнееду – вредоносному заболеванию посевов свеклы, распространенному практически во всех регионах ее возделывания (Burenin, Sokolova,

2014). Последнее особенно важно в связи с современными технологиями производства, базирующимися на формировании густоты стояния растений без применения ручного труда (Pivovarov, 2010).

В последние годы в селекции столовой свеклы сформировалось новое направление с использованием цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС), обеспечивающее создание гетерозисных гибридов. Получило распространение другое важное направление – выведение раздельноплодных сортов и получение гибридов F₁, существенно изменивших технологию возделывания этой культуры (Fedorova, Burenin, 2010; Burenin et al., 2016).

Наряду с урожайностью для нашей страны, характеризующейся большим разнообразием почвенно-климатических условий, необходимы скороспелые сорта и гибриды для выращивания ранней продукции в районах с коротким вегетационным периодом; засухоустойчивые – для районов с недостатком влаги; жаростойкие – для районов с жарким климатом; холодостойкие – для условий Севера. При этом сорта должны отличаться хорошей лежкостью корнеплодов при длительном хранении.

Столовая свекла – двулетнее аллогамное растение, в популяциях которого присутствуют генетически неоднородные биотипы, по-разному реагирующие на условия внешней среды. В меняющихся условиях произрастания модификационная изменчивость резко возрастает, что позволяет дифференцировать популяции и выделять ценные биотипы. На это неоднократно указывал Н. И. Вавилов (Vavilov, 1934, 1935), который подчеркивал важность поиска и использования разных экологических фонов для оценки исходного и селекционного материала. Для практики особенно ценны сорта так называемого широкого ареала, являющиеся важным источником для последующих селекционных изысканий. В этом плане актуальным является подбор и всестороннее изучение разнообразного исходного материала с использованием современных селекционно-генетических методов. Учитывая сложную наследуемость признаков и свойств, определяющих продуктивность данной культуры, важно выяснить взаимосвязи между признаками, характер и направления их изменчивости (Burenin, Piskunova, 2018).

1. Холодостойкость – устойчивость к корнееду

Свекла – сравнительно холодостойкое растение, приспособленное для возделывания почти во всех земледельческих регионах России. Холодостойкость позволяет проводить сверхранние и подзимние посевы, получать раннюю продукцию, а также два урожая за сезон в ряде южных областей. Сортимент столовой свеклы, включенный в Госреестр РФ (State Register..., 2018), предназначенный для товарного производства, условно разделен нами на три группы (табл. 1). Анализ сортимента, включающего 143 сорта и гибрида, показал, что более половины сортов имеют сравнительно узкий (1–2 области) ареал. Причем различия наблюдаются в зависимости от сортотипа. Наибольшее количество сортов так называемого широкого ареала, относятся к сортотипу Бордо, что, по-видимому, связано с характерной для этого сортотипа высокой адаптивностью и пластичностью, обеспечивающей устойчивую урожайность в разных почвенно-климатических условиях. Из отечественных сортов – это 'Бордо 237' (к-201), 'Браво' (к-3047), 'Бордо односемянная' (к-3151), 'Бордовая ВНИИО' (к-3692); из зарубежных – гибриды F₁ 'Боро' (вр. к-2315), 'Беттоло' (вр. к-1767), 'Водан' (к-3630), 'Субетто' (вр. к-1492), 'Ронда' (к-2935), 'Пабло' (к-3051) и 'Ред Клауд' (к-3207, Нидерланды).

Таблица 1. Ареал сортов свеклы столовой в России (Госреестр РФ, 2018)**Table 1. Beet varieties distribution range in Russia** (State Register of the Russian Federation, 2018)

Число областей районирования	Количество сортов, включенных в Госреестр			
	Всего	в том числе сортотипов		
		Египетская	Бордо	Цилиндрическая
1–2	87	17	56	14
3–5	36	5	24	7
6–10 и более	20	1	17	2
Всего	143	23	98	23

С холодостойкостью связана устойчивость растений свеклы к корнееду, поражающему всходы и молодые растения. Корнеед – эколого-микробиальная болезнь, вызываемая комплексом микромицетов; она особенно сильно развивается при ухудшении условий произрастания растений. При этом соотношение и состав возбудителей (около 80 различных грибов и бактерий) значительно варьирует в зависимости от района возделывания. В годы с прохладной весной преобладают грибы из родов *Phytium* и *Phoma*, а с теплой и жаркой – *Arhanomyces*.

Вредоносность корнееда особенно ощутима при современных технологиях возделывания столовой свеклы, когда посев проводится на заданную густоту стояния растений. При этом важно иметь сорта, устойчивые к этому заболеванию. Анализ мирового сортимента показывает, что абсолютно устойчивых к корнееду сортов пока нет. Связано это, по-видимому, как с разнообразием состава возбудителей, так и с большой изменчивостью патогенов в зависимости от экологических условий. Поэтому необходим поиск иммунных вариаций устойчивости или толерантности путем всестороннего изучения генетических ресурсов (Zhukovsky, 1971).

В результате изучения образцов свеклы столовой в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» установлено, что наибольшее число образцов (около

65%) было со средним проявлением устойчивости к корнееду. Среди изученных образцов выделился 'Asmer Detroit 72' (к-3113, Великобритания), характеризующийся также холодостойкостью и стабильной урожайностью (105–109% к стандарту 'Бордо 237'). Близки к нему 'Detroit dark red turnip' (к-1757, Франция) и 'Perfected Detroit Dark Red' (к-1815, Канада). Сравнительно устойчивым к корнееду был и сорт 'Холодостойкая 19' (к-2043, Беларусь). Из отечественных сортов по комплексу признаков выделился 'Браво' (к-3047). Сорт 'Подзимняя А-474' (к-1678) также характеризовался холодостойкостью и был сравнительно устойчив к корнееду.

2. Скороспелость – устойчивость к цветущности

При сравнительном изучении набора образцов свеклы столовой (сверхранний посев 21–22 мая в Пушкино и подзимний посев в Майкопе) выделены три группы: 1 – скороспелая (80–90 дней вегетации), 2 – среднеспелая (100–110 дней) и 3 – позднеспелая (более 110 дней) (табл. 2). Анализ данных показал, что скороспелые образцы были в 1,5–2 раза менее цветущими и на 5–10% меньше поражались корнеедом. По урожайности они незначительно (на 5–9%) уступали средне- и позднеспелым. Товарность их корнеплодов также была сравнительно высокой (90–94%).

Таблица 2. Сравнительная характеристика образцов столовой свеклы, различающихся по уровню спелости**Table 2. Comparative characters of table beet accessions differing in maturity time**

Группа образцов	Число образцов	Поражение корнеедом, %	Цветущность, %	Урожайность (% к стандарту Бордо 237)	Товарность, %
Скороспелые	15	46,0	6,0	100,6	94,0
Среднеспелые	38	56,0	15,0	105,0	97,5
Позднеспелые	6	51,0	9,1	109,0	98,6

Известно, что пониженная температура является провоцирующим фоном, вызывающим цветущность. На ее проявление могут влиять также длина дня, условия питания и увлажнения. При этом установлено различное поведение растений в зависимости от происхождения и экологических условий, в которых формировался сорт (Krasochkin et al., 1971). Близкие данные получены и в наших исследованиях. Наибольшее количество устойчивых к цветущности образцов поступили в коллекцию ВИР из Северо-Западной Европы (32,5%) и России (24,5%), далее Америка (США и Канада) и Восточная Европа (по 16%). В пределах каждой группы наблюдались значительные различия между образцами. Несмотря на это, наиболее устойчивыми к цветущности были сорта из Швеции и Финляндии, а также из Северо-Западного региона Рос-

сии, что связано с условиями их создания. Устойчивыми к цветущности в условиях Заполярья оказались отечественные сорта 'Полярная плоская' (к-1585, выведен в условиях Мурманской обл.) и 'Подзимняя А-474' (создан путем отбора при подзимних посевах в Подмоскowie). Из зарубежных нецветущими были: 'Vikor' (к-2873, Нидерланды), 'Detroit dark red turnip', 'Avonearly' (к-2040, Италия). Вместе с тем у отечественных сортов варьирование по уровню цветущности было значительным – от устойчивых до сильно склонных (до 50%) к цветущности, что объясняется многообразием условий, в которых создавались эти сорта – от севера (Мурманская обл.) до юга (Краснодарский край), в Сибири и на Дальнем Востоке.

В результате дифференциации генофонда столовой свеклы в зависимости от скороспелости дана оценка

образцов по темпам нарастания массы растений в целом и отдельно – корнеплодов (табл. 3). Образцы, различающиеся по уровню спелости, характеризовались разными темпами нарастания вегетативной массы, которые у скороспелых образцов были на 10–21% выше

как по общей массе растений, так и по массе корнеплодов. Указанные образцы были устойчивыми к цветущности, а следовательно пригодны для ранневесенних посевов, обеспечивая при этом получение пучковой продукции на 50–55 день после посева.

Таблица 3. Дифференциация образцов свеклы столовой в зависимости от их скороспелости
Table 3. Differentiation of table beet accessions according to their earliness

Уровень спелости	Цветущность, %	Образцы	Средняя масса, г		
			растения	корнеплода	в % от общей массы
Скороспелые (80–90 дней)	0–0,5	Perfected Detroit Dark Red (Канада), Vikor (Нидерланды), Северный шар и Полярная плоская (РФ)	110–159	67–84	43,0–52,6
Среднеспелые (100–110 дней)	1,5–3,0	Пушкинская плоская, Ленинградская округлая, Несравненная (РФ), Холодостойкая 19 (Беларусь), Камуоляй 2 (Литва)	143–171	50–71	37,6–42,9

3. Раздельноплодность – урожайность – качество продукции

Раздельноплодность – важный биологический признак, имеющий большое хозяйственное значение, позволяющий возделывать свеклу без затрат ручного труда на прореживание всходов. До середины прошлого столетия наряду со сростноплодными (многосемянными) в селекционной практике и производстве использовались и одноростковые популяции, в полевых условиях обеспечивающие появление преимущественно по одному ростку из плодика. Однако признак «одноростковость» оказался очень нестабильным (Krasochkin et al., 1971; Burenin, 2007).

Позднее были обнаружены биотипы (мутанты) с раздельными плодами, положившие начало сортам раздельноплодной свеклы – сначала сахарной, затем столовой. Выделенные раздельноплодные формы, а в последующем и сорта оказались низкоурожайными, семенники их – позднеспелыми и с низким качеством семян. Для повышения их продуктивности селекционеры пошли по пути использования гетерозиса в первом поколении от скрещивания раздельноплодных форм со сростноплодными сортами (Savitsky, 1958). При этом для создания новых высокопродуктивных сортов и гибридов важно было привлечь разнообразный исходный материал.

В результате изучения набора образцов свеклы столовой по уровню и характеру проявления признака раздельноплодности в потомстве выделены три группы: 1 – генетически раздельноплодные; 2 – одноростковые популяции; 3 – гибриды первого поколения (табл. 4). В первую группу – генетически раздельноплодных – вошли образцы, которые имели 100-процентную раздельноплодность оригинальных семян и сохраняли этот признак в S_1 и S_2 . При сравнении образцов этих групп выявлены значительные различия, в частности по таким важным 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. При этом следует учитывать, что раздельноплод-

ность требует постоянного контроля на всех этапах селекционного процесса, а своевременная браковка и отбор стабильных биотипов необходим и при работе с линейными материалами, особенно на первых этапах их создания (Balkov, 1990). Как показала селекционная практика, сравнительно быстрое размножение семян источников раздельноплодности достигается при скрещивании их с одноростковыми популяциями (Krasochkin et al., 1971; Burenin, 2007). В наших исследованиях отдельные одноростковые образцы характеризовались довольно высокой (80–85%) степенью раздельноплодности, а также скороспелостью и относительной устойчивостью к корнееду – отечественные сорта 'Односемянная' (к-2080) и 'Одноростковая' (к-2147). С использованием отечественных и зарубежных одноростковых форм были сформированы популяции, а затем сорта, которые включены в Госреестр РФ под названием 'Валента' (к-3050) и 'Вировская односемянная' (к-3150), характеризующиеся при этом устойчивостью к цветущности.

Для повышения урожайности раздельноплодных форм используют гибридизацию МС-компонентов раздельноплодной свеклы со специально подобранными (гетерозисными) сростноплодными опылителями. Это предполагает значительные изменения в семеноводстве, а именно: раздельный посев компонентов скрещивания на маточники, раздельная уборка и хранение маточных корнеплодов, раздельная их посадка на следующий год для переопыления в соотношениях 1:1, 1:2 или 1:3 (опылитель: МС-форма) и раздельная уборка семян (Balkov, 1990). При этом приходится решать задачи по поиску биотипов с ЦМС и закрепителей к ним. Несомненно, решение этих непростых задач невозможно без наличия разнообразного исходного материала с учетом основных направлений его использования. Определенный интерес в этом плане представляют в качестве гетерозисных опылителей сростноплодные сорта: 'Бордо 237', 'Подзимняя А-474' и 'Браво' (РФ), 'Айняй' и 'Витену Бордо' (к-2227, Литва), 'Холодостойкая 19' (Беларусь), 'Perfected Detroit Dark Red' (Канада), 'Vikor' (Нидерланды) и 'Avonearly' (Италия), обладающие стабильностью проявления основных хозяйственно ценных признаков при выращивании в разных условиях.

4. Адаптивность и ареал сорта

Современное производство овощной продукции нуждается в сортах и гибридах, обеспечивающих стабильную урожайность при выращивании в разных почвенно-климатических условиях, что особенно важно для нашей страны, характеризующейся большим их разнообразием. Известно, что отдельные высокоурожайные сорта не всегда выделяются по другим важным признакам, включая адаптивность. В связи с этим, поиск разнообразного исходного материала для селекции новых пластичных сортов и гибридов является актуальным. На это неоднократно указывал Н. И. Вавилов (Vavilov, 1934, 1935), подчеркивая важность использования разных способов экологической оценки исходного и селекционного материала.

При изучении образцов свеклы столовой из 12 стран одновременно в трех пунктах: Пушкин Ленинградской обл., Михнево Московской обл. и Майкоп Краснодарского края в течение трех лет (2013–2015) проведена оценка их реакции на разные условия произрастания. Погодные условия в годы проведения исследований значительно различались. В 2014 г. температура воздуха в Майкопе и Михнево была на уровне средних многолетних, но осадки выпали неравномерно, особенно

в Михнево, где их отсутствие в период «посев – всходы» задерживало развитие растений. В Пушкине же вегетационный период 2014 г. отличался повышенными температурами в течение всего лета (на 2–5 градусов выше среднееголетних). При этом в сочетании с недостатком влаги задерживался рост и развитие растений.

В 2015 г. температура воздуха держалась на уровне среднееголетних данных. Такая же картина наблюдалась и с выпадением осадков, за исключением Михнево, где в мае – июле их выпало на 83% больше нормы. Год 2016 характеризовался обильными осадками во всех пунктах изучения (на 45–64% больше нормы). При этом периоды дождей чередовались с засушливыми, включая Майкоп, где в июле наблюдалось уменьшение осадков, что сказалось на развитии растений и формировании корнеплодов. Различия в погодных условиях позволили оценить реакцию изучаемых образцов на контрастные условия произрастания в разных пунктах (см. табл. 4). По уровню урожайности изучаемые образцы распределились по четырем группам, причем наибольшее число высокоурожайных сортов (1-я и 2-я группы) отмечено в Михнево. Доля низкоурожайных образцов (3-я и 4-я группы) была примерно одинаковой во всех трех пунктах.

Таблица 4. Уровень урожайности образцов столовой свеклы в зависимости от пункта изучения

Table 4. The level of table beet accessions productivity depending on the location of study

Пункт изучения	Количество образцов с урожайностью (в % к стандарту Бордо 237)				Всего образцов
	110 и более	101–109	90–100	менее 90	
Пушкин	4 (19)	6 (28,5)	5 (24)	6 (28,5)	21
Майкоп	4 (19)	7 (33)	2 (9,5)	8 (38)	21
Михнево	6 (28,5)	6 (28,5)	3 (14)	6 (28,5)	21

Средняя урожайность по сортам составила 15,7 кг/10 м²; она варьировала от 12,1 до 19,7 кг. Максимальная урожайность получена в Майкопе в 2015 г. – 20,6 кг/10 м². Наибольший интерес представляют образцы, сохраняющие высокий уровень урожайности одновременно в трех пунктах, или так называемые сорта широкого ареала. По результатам исследований к сортам такого типа отнесены: 'Goldiers Super black' (к-270, Великобритания), 'Detroit dark red turnip', 'Perfected Detroit Dark Red' и 'Прыгажуня' (к-3064, Беларусь), сохраняющие в разных условиях урожайности корнеплодов на уровне 115–120% к стандарту и выше. Они пригодны для интенсивных технологий возделывания и являются исходным материалом для создания новых коадаптированных сортов и гибридов применительно к разным регионам страны.

5. Химический состав – вкусовые качества корнеплодов

Основным показателем качества корнеплодов столовой свеклы является химический состав, определяющий их пищевые и вкусовые достоинства, а также диетические свойства. Корнеплоды богаты углеводами, минеральными солями, органическими кислотами и витаминами (С, В₁, В₂, Р, РР, биотин, пантотеновая и фолиевая кислоты). Физиологически активные вещества – бетаин и бетанин – способствуют снижению кровяного давления, улучшению жирового обмена, предупреждению атеросклероза и тормозят развитие злокачественных опухолей. Известна значительная изменчивость химического состава в зависимости от условий

выращивания и хранения. Вместе с тем наблюдаются значительные сортовые различия, обусловленные генотипическими особенностями используемого материала (Esyunina, 1971).

Известно, что сорта столовой свеклы различаются по форме корнеплодов, варьирующей от плоской до удлиненно-конической и цилиндрической. Однако устойчивой связи между формой корнеплодов и содержанием химических веществ не наблюдалось. По содержанию сухого вещества и сахаров в корнеплодах выделялись образцы: 'Ronde noirs longue' (к-1983, Франция) и 'Пушкинская плоская' (РФ). Повышенным содержанием бетанина отличались стародавние и примитивные формы свеклы: 'Trevisé' (вр. к.-1203, Франция), 'Lange dicke dunkellaubige' (к-25, Нидерланды) и 'Halblange' (к-1603, Германия), что, по-видимому, связано с действием селекции; на ранних этапах в результате одностороннего отбора по вкусовым качествам отбраковывались растения с повышенным содержанием бетанина, придающим мякоти корнеплодов специфический привкус (Burenin, 2007).

Изучение односторонних образцов столовой свеклы показало, что по химическому составу они близки к многокосточковым (многосемянным). По содержанию сухого вещества и сахаров выделялись: 'Vikor' (Нидерланды) и отечественные сорта – 'Односторонняя' и 'Односемянная' (13,5–14,5% и 7,0–8,5% соответственно). Содержание аскорбиновой кислоты и бетанина оказалось очень изменчивым; повышенным оно было у 'Vikor'. Следовательно, односторонность и химический состав корнеплодов тесно не связаны, что открывает возможности для дальнейшего улучшения односторонней свеклы. Выде-

лившиеся по химическому составу образцы, включая многоплодные (многосемянные), представляют интерес как для непосредственного использования в производстве, так и в селекции на гетерозис.

В результате дегустации образцов столовой свеклы отечественного и зарубежного происхождения выделены образцы, характеризующиеся повышенными (4,3–5,0 баллов) вкусовыми качествами. Среди них сорта 'Несравненная' (к-1581, Россия) и 'Ленинградская округлая' (к-221, Россия), 'Холодостойкая 19' и 'Белорусская' (к-2044, Беларусь) и 'Gutz Green leaf' (к-1825, США). Близка к ним 'Односемянная'. В результате анализа не установлено четкой зависимости между урожайностью корнеплодов и их вкусовыми качествами. Так, хорошим вкусом характеризовались как высокоурожайные – 'Ленинградская округлая', 'Холодостойкая 19', так и сравнительно низкоурожайные – 'Несравненная' (к-1581, Россия), 'Егурте' (к-3599) из Алжира. Не выявлено устойчивой зависимости и с содержанием сахаров. Например, 'Донская плоская' (к-1617, Россия) и 'Red Cross' (к-2095, США) значительно различались по содержанию сахаров (4,95–6,0% соответственно), но имели близкие оценки вкуса корнеплодов (3,9–4,0 балла). При равных оценках вкусовых качеств (3,8 балла) образцы 'Banko' (к-2066, Швеция) и 'Односемянная' также значительно различались по сахаристости корнеплодов (7,4 и 11,0%). Следовательно, вкусовые качества наряду с сахарами обусловлены содержанием других химических веществ, а также консистенцией мякоти.

Исследуемые образцы свеклы, как правило, характеризовались интенсивно окрашенной мякотью корнеплодов. Это относится к отечественным сортам 'Несравненная' и 'Пушкинская плоская', а также 'Белорусская', 'New Globe' (к-1980, США), 'Red Cross' (к-2095, США) и 'Monoking Explorer' (к-2059, Франция). При этом они имели высокие оценки вкусовых качеств (4,2–4,5 балла). Вместе с тем сравнительно высокую оценку вкуса имел и отечественный сорт 'Кубанская борщевая 43' (к-1967), характеризующийся слабой интенсивностью окраски мякоти корнеплодов.

Заключение

В формировании стабильного урожая столовой свеклы важную роль играет сочетание в сорте/гибриде биологических (холодостойкость, скороспелость, устойчивость к болезням) и хозяйственно ценных (урожайность и качество продукции) признаков. Установлена связь между скороспелостью, устойчивостью к цветущности и холодостойкостью. С холодостойкостью связана и устойчивость к вредоносному заболеванию всходов – корнееду, распространенному практически во всех регионах возделывания свеклы. Сорта и формы свеклы, полностью устойчивые к этой болезни, пока не выявлены, что свидетельствует о сложных взаимоотношениях растения-хозяина и возбудителя. Окончательно не выяснена генетическая обусловленность таких важных признаков, как урожайность и качество продукции, а также взаимосвязи между ними, что, по-видимому, связано с множественностью этих полигенных признаков и свойств. Заслуживают внимания образцы (биотипы), сравнительно устойчивые или толерантные к заболеваниям, в сочетании с другими признаками, включая отдельноплодность и качество продукции. В связи с этим комплексное изучение геноресурсов, применительно к основным регионам возделывания, является одной из важных задач современной селекции.

В результате исследований выделены образцы свеклы столовой, характеризующиеся комплексом биологических и хозяйственно ценных признаков. Для

использования в селекции рекомендуются генетические источники отдельноплодности, холодостойкости, нецветущности, а также сравнительно устойчивые к заболеваниям, что позволит создавать новые сорта и гибриды свеклы столовой, наиболее полно удовлетворяющие требованиям производства и рынка в современных условиях.

Работа выполнена в рамках государственного задания по тематическому плану ВИР по теме № 0662–2019–0003 «Генетические ресурсы овощных и бахчевых культур мировой коллекции ВИР: эффективные пути расширения разнообразия, раскрытия закономерностей наследственной изменчивости, использования адаптивного потенциала».

References/Литература

- Balkov I.Ya. Beet CMS (CMS svekly). Moscow: Agropromizdat; 1990. [in Russian] (Балков И.Я. ЦМС свеклы. Москва: Агропромиздат; 1990).
- Burenin V.I. Genetic resources of the genus *Beta* L. (Geneticheskiye resursy roda *Beta* L.). St. Petersburg; 2007. [in Russian] (Буренин В.И. Генетические ресурсы рода *Beta* L. Санкт-Петербург; 2007).
- Burenin V.I., Piskunova T.M., Sokolova D.V. Problem of table beet roots quality and ways of solving. *Vegetable Crops of Russia*. 2016;(3):24-31. [in Russian] (Буренин В.И., Пискунова Т.М., Соколова Д.В. Проблема качества корнеплодов свеклы столовой и пути ее решения. *Овощи России*. 2016;(3):24-31). DOI: 10.18619/2072-9146-2016-3-24-31
- Burenin V.I., Piskunova T.M., Sokolova D.V. Gene pool for breeding monogerm table beet. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2016;177(4):45-56. [in Russian] (Буренин В.И., Пискунова Т.М., Соколова Д.В. Генфонд для селекции отдельноплодной столовой свеклы. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2016;177(4):45-56). DOI: 10.30901/2227-8834-2016-4-45-56
- Burenin V.I., Piskunova T.M. Actual problems of breeding of table beet. *Vegetable Crops of Russia*. 2018;(4):47-50. [in Russian] (Буренин В.И., Пискунова Т.М. Актуальные проблемы селекции столовой свеклы. *Овощи России*. 2018;(4):47-50). DOI: 10.18619/2072-9146-2018-4-47-50
- Burenin V.I., Sokolova D.V. On table beet bolting due to its cold resistance (O tsvetushnosti stolovoy svekly v svyazi s ee kholodostoykostyu). *Sbornik nauchnykh trudov otdeleniya selskokhozyaystvennykh nauk PANI = Bulletin of the Agricultural Science Division, Petrovskaya Academy of Sciences and Arts*. 2014;(5):565-566. [in Russian] (Буренин В.И., Соколова Д.В. О цветущности столовой свеклы в связи с ее холодостойкостью. *Сборник научных трудов отделения сельскохозяйственных наук ПАНИ*. 2014;(5):565-566).
- Esyunina A.I. The chemical composition of beets (Khimicheskiy sostav svekly). In: *Flora of cultivated plants*. Vol. 19. Leningrad; 1971. p.150-160. [in Russian] (Есюнина А.И. Химический состав свеклы. В кн.: *Культурная флора СССР*. Т. 19. Ленинград; 1971. С.150-160).
- Fedorova M.I., Burenin V.I. Biology, genetics and breeding of table beet (Biologiya, genetika i selektsiya stolovoy svekly). In: *Encyclopedia of the genus Beta L. (Entsiklopediya roda Beta L.)*. Novosibirsk; 2010. p.588-596. [in Russian] (Федорова М.И., Буренин В.И. Биология, генетика и селекция столовой свеклы. В кн.: *Энциклопедия рода Beta L.* Новосибирск, 2010. С.588-596).
- Guidelines for the study and maintenance of the collection of root crops. (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i podderzhaniyu kolleksii korneplodov). Leningrad: VIR; 1981. [in Russian] (Методические указания по изучению и поддержанию коллекции корнеплодов. Ленинград: ВИР; 1989).

- Krasochkin V.T., Sechkarev B.I., Sazonova L.V., Levandovskaya L.I. Root crop plants (Korneplodnyye rasteniya). In: *Flora of cultivated plants in the USSR*. Vol. 19. Leningrad; 1971. p.7-266. [in Russian] Красочкин В.Т., Сечкарев Б.И., Сазонова Л.В., Левандовская Л.И. Корнеплодные растения. В кн.: *Культурная флора СССР*. Т. 19. Ленинград; 1971. С.7-266.
- Pivovarov V.F. Modern approaches in solving applied problems in vegetable crops breeding (Sovremennyye podkhody v reshenii prikladnykh zadach selektsii ovoshchnykh kultur). *Proceedings of the 2nd Scientific and Practical Conference*. Moscow: VNISSOK; 2010. p.39-51. [in Russian] (Пивоваров В.Ф. Современные подходы в решении прикладных задач селекции овощных культур. *Материалы 2-й международной научно-практической конференции*. Москва: ВНИИССОК; 2010. С.39-51).
- Savitsky V.F. Genetische studien und Zuchtungen bei monogerymen Ruben. *Z. f. Pflanzenzucht*. 1958;40(3):1-36.
- State Register for Breeding Achievements Admitted for Usage (Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispolzovaniyu). Moscow; 2018. [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Москва; 2018).
- Vavilov N.I. Breeding as science (Selektsiya kak nauka). Moscow; Leningrad: Selkhozgiz; 1934. [in Russian] (Вавилов Н.И. Селекция как наука. Москва; Ленинград: Сельхозгиз; 1934).
- Vavilov N.I. Theoretical bases of plant breeding (Teoreticheskiye osnovy selektsii rasteniy). Vol. 1. General plant breeding (Obshchaya selektsiya rasteniy). Moscow: Selkhozgiz; 1935. [in Russian] (Вавилов Н.И. Теоретические основы селекции растений. Т. 1. Общая селекция растений. Москва: Сельхозгиз; 1935).
- Zhukovsky P.M. Cultivated plants and their relatives (Kulturnye rasteniya i ikh sorodichi). Leningrad; 1971. [in Russian] (Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи. Ленинград; 1971).

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Буренин В.И., Соколова Д.В., Пискунова Т.М. Генофонд для селекции свеклы столовой (современные аспекты изучения и использования). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):19-25. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-19-25

Burenin V.I., Sokolova D.V., Piskunova T.M. The gene pool for table beet breeding (modern aspects of study and use). *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019;180(3):19-25. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-19-25

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-19-25>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest