



ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА КОРНЕПЛОДОВ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Буренин В.И. – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник
Пискунова Т.М. – канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник
Соколова Д.В. – канд. биол. наук, научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР)

190000, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 44
E-mail: t.piskunova@vir.nw.ru, d.sokolova@vir.nw.ru

Качество корнеплодов свеклы столовой определяется комплексом признаков и свойств. Современные сорта свеклы столовой – в основном гетерозиготные популяции, подверженные сильной изменчивости под влиянием условий среды. Проведено эколого-географическое изучение 165 образцов культуры, изучена взаимосвязь между признаками качества и другими важными биологическими и хозяйственно ценными признаками (холодостойкость, скороспелость, раздельноплодность, товарность). Описаны основные признаки, характеризующие качество корнеплодов столовой свеклы, включая их форму и окраску, а также химический состав, товарность и лежкость при длительном хранении. Приведены данные о наследовании формы и окраски корнеплодов и их химического состава. Установлено, что реакция разных сортов и гибридов свеклы на изменение условий выращивания была неодинакова, что свидетельствует об их генотипических различиях. Скороспелые сорта свеклы столовой, характеризующиеся повышенной холодостойкостью, как правило, обладали интенсивно окрашенной мякотью корнеплодов и хорошими вкусовыми качествами. Сравнительно устойчивым сортовым признаком у свеклы является окраска корнеплодов. Не наблюдалось устойчивой связи между химическим составом, интенсивностью окраски мякоти и вкусовыми качествами. В результате изучения коллекционных образцов была установлена отрицательная связь между содержанием сахаров и бетанина. Установлено, что по биохимическому составу нет существенных различий между раздельноплодными и сростноплодными сортами свеклы столовой. В результате исследований выделены отечественные и зарубежные сортообразцы, которые рекомендованы для использования в современной селекции.

Ключевые слова: свекла столовая, качество корнеплодов, наследование признаков, биохимический состав, исходный материал для селекции.

Введение

Основным показателем качества корнеплодов свеклы столовой является биохимический состав, определяющий их пищевые и вкусовые достоинства, а также диетические свойства. Наряду с этим, качество корнеплодов как хозяйственный признак характеризуется товарностью, то есть долей корнеплодов, пригодных для реализации и хранения. Товарность продукции приобретает все большее значение в связи с возрастающими требованиями рынка. При этом на передний план выдвигаются форма корнеплода, характер его поверхности, величина головки и хвостовой части, интенсивность окраски

мякоти. Большинство из этих признаков – полигенные. Тем более что современные сорта свеклы столовой – в основном гетерозиготные популяции, подверженные сильной изменчивости под влиянием меняющихся условий внешней среды. Поэтому выяснение генетических характеристик такого рода признаков в настоящее время очень важно, хотя пока и затруднительно.

В этом плане актуальным является подбор и всестороннее изучение разнообразного исходного материала, поиск надежно идентифицируемых по фенотипу признаков. Согласно Н.И. Вавилову, изучение одних и тех же образцов в разных географических точках может служить ценным источником информации о степени их

генотипических различий и выделять по фенотипу полезные для селекции образцы. При этом важно при проведении отбора по какому-либо лимитирующему признаку сочетать его с комплексом других важных характеристик [2]. При эколого-географическом изучении набора коллекционных образцов нами обращено также внимание на взаимосвязь (зависимость) между признаками качества и другими, наиболее важными биологическими и хозяйственно ценными признаками и свойствами, позволяющими целенаправленно подбирать исходный материал для селекции.

Материал, условия и методы проведения исследований

Материалом для исследований послужили 165 образцов свеклы столовой, поступившие в коллекцию ВИР из 26 стран [3]. Описание их проводили согласно «Методическим указаниям по изучению и поддержанию в живом виде коллекции корнеплодов» [4]. Основные пункты изучения: Пушкинский филиал ВИР (г. Пушкин Ленинградской обл.), Центр сохранения, поддержания, изучения генофонда растений ВСТИСП (г. Михнево Московской обл.) и Майкопская опытная станция ВИР (г. Майкоп Краснодарского края). Оценка на устойчивость к цветущности проводили в Полярном филиале ВИР (г. Апатиты Мурманской обл.).

Почвенно-климатические условия в пунктах изучения коллекции свеклы значительно различались. Почвы в Пушкине преимущественно дерново-подзолистые, супесчаные; в Михнево – суглинистые и глинистые; в Майкопе – черноземовидные, тяжелые суглинистые.

Наибольшая сумма температур за вегетационный период (май-сентябрь) в годы исследований отмечена в Майкопе (2751 °С); она сочеталась и с более высокой суммой осадков (453 мм). В Пушкине и Михнево эти показатели были близки: 2043 и 2133 °С; 325 и 321 мм соответственно. Продолжительность вегетационного периода колебалась в пределах: в Пушкине 110-120 суток, в Михнево – 115-125 и в Майкопе – 140-150 суток.

В Полярном филиале ВИР минимальные температуры за период вегетации колебались от +5 до -7°С. Безморозный период длился 50-60 суток, а период с температурой выше 10 °С – не более 70 суток. В результате сочетания с длинным днем (от 14 до 24 часов) создавались благоприятные условия для «вызывания» цветущности на посевах свеклы.

Химические анализы корнеплодов выполнены в лабораториях биохимии ВИР, Центра сохранения, поддержания, изучения генофонда растений ВСТИСП и Майкопской опытной станции ВИР по общепринятым методикам.

Полученные экспериментальные данные проанали-

зированы с учетом почвенно-климатических факторов пунктов посева. Учитывая, что оценку коллекционных образцов проводили не по одному, а по нескольким признакам (урожайность, скороспелость, холодостойкость, химический состав и др.), можно говорить о комплексном их изучении. При одинаковых условиях сравнивали генотипически различные биотипы растений (изучение в одном пункте) и при разных условиях сравнивали генотипически одинаковые группы растений (изучение в разных пунктах). Исходя из этого, проводили анализ изменчивости основных морфолого-биологических и хозяйственно ценных признаков изучаемых образцов свеклы.

Результаты исследований описаны в трех разделах, посвященных стабильности формы корнеплодов свеклы столовой, изменчивости их окраски и биохимического состава в связи с задачами, стоящими в настоящее время перед селекцией и сельскохозяйственным производством.

Форма корнеплодов и уровень товарности

Форма корнеплода определяется в основном его длиной, толщиной, а также конфигурацией хвостовой части (основания). Исходя из этого, различают: плоскую, округло-плоскую, округлую, овально-округлую, коническую, цилиндрическую и палковидную форму корнеплодов. Соответственно встречаются туповершинные и заостренные корнеплоды; с маленькой, средней и большой головкой. В мировой практике наибольшее распространение получили сорта свеклы столовой с плоскими, округло-плоскими и округлыми корнеплодами: в последние годы – с цилиндрическими. Вместе с тем, независимо от формы корнеплодов характеристика биологических и хозяйственно-ценных признаков у разных сортов свеклы неодинаковая [5,6,7]. Поэтому для селекции представляет интерес изучение сортового разнообразия и выявление образцов-источников, характеризующихся комплексом положительных признаков с целью практического их использования.

Большинство авторов склонно считать, что признак «форма корнеплода» – полигенный. По мнению В. Kajanus [8,9], G. Bandlow [10] и других, этот признак обусловлен не менее, чем четырьмя генами. Два из них (L1 и L2) определяют длину корнеплода – конусовидную, овальную и цилиндрическую. Отсутствие этих генов способствует формированию укороченных корнеплодов – округлых и плоско-округлых.

Туповершинные и заостренные корнеплоды образуются при наличии другой пары генов – генов хвостовой части корнеплода A1 и A2, которые мы предлагаем обозначить через Sh1 и Sh2, так как обозначения A1 и A2, введенные ранее В. Kajanus, по F. Owen [11] обо-

значают гены ядерной стерильности пыльцы. Наличие четырех пар генов позволяет объяснить большое разнообразие типов формы корнеплодов, от овально-конической до округло-плоской.

Полигенность признака «форма корнеплода» и разнообразие ее типов обуславливают сложность наследования данного признака в потомстве. В. Kajanus [8] сообщает, что гибриды F_1 , полученные от скрещивания различающихся по форме корнеплодов сортов свеклы, имеют в основном корнеплоды промежуточной формы. Об этом ранее сообщал и В. Rimpau [12], а позднее Е. Lindhard и К. Iversen [13], Е. Tschermak [14] и В.Т. Красочкин [5]. Наблюдалось устойчивое доминирование конической формы корнеплодов.

При скрещивании корнеплодных форм свеклы с дикорастущими, имеющими разветвленный корень, наблюдается доминирование последних [15,7]. Так, в F_1 от скрещивания *B. maritima* L. (Дикая северная), имеющая конический корень, с Ленинградской округлой (округло-плоская форма) корнеплоды были в основном промежуточными. В F_2 из 435 корнеплодов 127 были конической формы, 193 овально-конической и 115 – округлой формы, то есть соотношение 1,1 : 2 : 1 ($\chi^2 = 5,9$ при $P = 0,05$). В результате скрещивания 11 образцов столовой свеклы типа Детройт (овально-округлые корнеплоды) с образцами типа Кросби (округло-плоские) установлено, что потомство F_1 в основном сохраняло промежуточную форму корнеплодов, а в F_2 преобладали округлые корнеплоды. В свою очередь, округлая форма корнеплодов доминировала над овально-конической и цилиндрической.

Зависимость (взаимосвязь) между признаками.

Товарность корнеплодов столовой свеклы довольно тесно связана с их формой. Сорта с округлой формой корнеплодов нередко имеют более высокий выход товарной продукции, чем с плоской. Для них характерна хорошая транспортабельность и лежкость при длительном хранении. Корнеплоды такого типа более удобны для переработки на консервных заводах. Не менее важно, что такие корнеплоды более приспособлены при посадке специальными машинами для выращивания семян на втором году жизни.

Вопрос о форме корнеплодов особенно остро встал в связи с селекцией на гетерозис, когда осуществляется гибридизация раздельноплодных (материнская форма) и сростноплодных (опылитель) партнеров с целью получения гибридов F_1 . При удачном подборе родительских пар достигается сочетание морфолого-биологических признаков с повышением урожая и его качества. В наших опытах использованы два образца раздельноплодной свеклы – Мона (Дания) и Monoking Explorer (Нидерланды), характеризующиеся овальной и овально-округлой формой корнеплодов. В качестве

опылителя использованы сростноплодные сорта Бордо 237 (РФ) и Холодостойкая 19 (Беларусь). Наиболее удачным было скрещивание с образцом Мона, характеризующимся при этом устойчивостью к цветущности и оптимальной для практического использования формой корнеплода.

Комплекс положительных признаков – холодостойкость, лежкость при длительном хранении, форма корнеплодов и качество их мякоти – был использован при подборе пар для скрещивания по методу поликросс (с раздельной уборкой семян) пяти одноростковых образцов столовой свеклы. Наибольший урожай был выращен из семян, собранных с растений образца Banko (Швеция). Гибрид был не склонен к цветущности, корнеплоды его округло-овальной формы; довольно выровнены; урожайность 105-109% к стандарту.

Окраска корнеплода

У свеклы столовой различают окраску кожицы и мякоти. Современные сорта, относящиеся к сортотипам Египетская, Кросби, Бордо, Детройт и Цилиндрическая, близки по этим типам окраски. Наиболее распространены: красная с фиолетовым оттенком, темно-красная с вишневым оттенком и черно-красная окраски мякоти. В то же время, сорта зеленолистной группы (Crosby Green top из США, Зеленолистная 42 и Кубанская 43 из России), а также ряд примитивных форм (Абхазская, Бассано, Чарджуйская) характеризуются наличием ясно выраженных светлых колец мякоти; кожица их с киноварным или вишневым оттенком. В Китае распространены белоокрашенные сорта с зеленоватой головкой; в Малой Азии (Турция, Иран) – оранжево- и желтоокрашенные.

Красноокрашенные сорта свеклы обладают более высоким содержанием витамина С, бетаина, бетанина и зольных элементов, повышенными вкусовыми качествами и, зачастую, более нежной мякотью. Поэтому для потребителя и для консервирования интенсивность окраски мякоти является важным признаком, в особенности, учитывая современные требования рынка.

Наследование признака «окраска корнеплода».

Различные сочетания доминантных (G, R) и рецессивных (g, r) факторов обуславливают разнообразие окраски сортов и гибридов свеклы. Наличие факторов GG и Gr приводит к образованию пигментов оранжевой или желтой окраски, gR и gr – белой, а сочетание GR дает новообразование – красную окраску [9,13]. W. Keller (1936) ввел дополнительные факторы Rt и Gr, которые в сочетании дают красные корнеплоды, но менее интенсивно окрашенные, чем у столовой свеклы. Факторы R и G характеризуются значительным сцеплением (процент кроссинговера около 7,5).

При скрещивании желтоокрашенной свеклы (GGrr) с

белой (ggRR) в F_1 наблюдается образование красной окраски (GgRr). В F_2 и F_3 расщепление на 3 красных или желтых и 1 белый. К. Fruwirth (1924) получил в F_2 иные соотношения. G. Bandlow (1955) приходит к выводу, что образование разноокрашенных корнеплодов определяется состоянием генов G и R; гетерозиготность этих генов обеспечивает появление гибридных корнеплодов: ggRR – красных, Ggrr – желтых.

В наших опытах при скрещивании дикорастущей свеклы *Beta maritima* L., имеющей белый корень, с Ленинградской округлой (темно-красный корнеплод), гибрид F_1 имел розово-красную окраску корнеплодов. В F_2 соотношение $P_1:F_2:P_2$ было равно примерно 1:3:3, что не соответствовало теоретическому – 1:2:1. Возможно, это связано с наличием переходных по окраске форм – розово-красных, красных и темно-красных, обусловленных близостью фенотипов (генотипов GgRr и GGRR). По-видимому, мы имеем дело со сложной системой сцепленности факторов, о чем указывал и W. Keller [16].

Изменчивость и взаимосвязь признаков. Окраска корнеплодов свеклы является сравнительно устойчивым сортовым признаком, которая стойко проявляется в различных почвенно-климатических условиях [6]. Вместе с тем, растения, выращенные при пониженных температурах, как правило, обладают интенсивной пигментацией, а при повышенных – наибольшим количеством корнеплодов со светлыми кольцами. Быстрый рост корнеплодов также приводит к снижению интенсивности их окраски. Вместе с тем, реакция разных сортов и гибридов свеклы на изменение условий выращивания неодинаковая, что свидетельствует о их генотипических различиях. Как оказалось, скороспелые сорта столовой свеклы, характеризующиеся повышенной холодостойкостью, как правило, обладают интенсивно окрашенной мякотью корнеплодов и хорошими вкусовыми качествами.

В результате изучения 56 образцов столовой свеклы разного происхождения в Пушкине (Ленинградская обл.) установлено, что 35 из них характеризовались интенсивной (5 баллов) окраской мякоти. Характерно, что 31 образец происходит из Северо-Западной Европы и Прибалтики, то есть из районов с прохладным климатом. При этом устойчивой связи с типом сорта не установлено, что свидетельствует о роли селекции. Устойчиво высокими вкусовыми качествами корнеплодов в сочетании с интенсивной окраской их мякоти характеризовались образцы: Nero (Нидерланды), Good for All (Канада), Rubia (Швеция), New Globe (США); отечественные – Несравненная и Пушкинская плоская, а также Холодостойкая 19 (Беларусь).

Химический состав корнеплодов

Известна значительная изменчивость химического состава корнеплодов свеклы столовой в зависимости

от условий выращивания, а также в процессе роста и при хранении корнеплодов [5]. При этом установлены значительные сортовые различия, которые проявляются независимо от места выращивания. Важным является также то, что раздельноплодность (одноростковость) и химический состав корнеплодов не взаимосвязаны, что открывает возможность для дальнейшего улучшения раздельноплодной свеклы. Сортовые различия сохраняются и в период хранения корнеплодов [7].

Наследование признака «химический состав корнеплодов». Для создания сортов и гибридов свеклы с требуемыми качествами необходимо знать характер наследования этого важного признака. Вместе с тем, трудности заключаются в многокомпонентности данного признака – содержание сахаров, витаминов (аскорбиновая кислота), ряда физиологически активных веществ (бетаин и бетанин) и минеральных элементов. Вкусовые качества обусловлены как их наличием, так и соотношением. Определяющим среди них, по всей видимости, является сахаристость корнеплодов, с которой связана питательная их ценность

В.Ф. Савицкий [17], обобщив результаты многочисленных скрещиваний, выделил два типа наследования признака сахаристости у свеклы: 1 - промежуточный, когда в F_1 наблюдается средняя сахаристость по сравнению с родителями, и 2 – доминантный, характеризующийся повышенным содержанием сахара в корнеплодах гибридов.

Наследование по первому типу нередко наблюдается при межсортовых скрещиваниях. В этом случае сахаристость лучшего родителя обычно не сохраняется. Гибриды F_1 , как правило, характеризуются средним содержанием сахара в корнеплодах по сравнению с обоими исходными сортами. Первый тип наследования, по-видимому, обусловлен гетерозиготностью по основным факторам сахаристости, так как в F_2 обычно не наблюдается расщепления на признаки близкие к родительским формам. Так, при скрещивании Ленинградской округлой с Бордо 237 в F_1 гибридные корнеплоды содержали 10,2-10,5% сахаров (у исходных форм 10,1и11,0% соответственно). В F_2 получены корнеплоды с содержанием сахара 10,0-10,5%. В F_3 и F_4 наблюдалась стабилизация указанного признака [15].

Второй тип наследования, в отличие от первого, характеризуется повышением сахаристости у гибридов по сравнению со средней сахаристостью родительских форм. Нередко сахаристость гибридных корнеплодов достигает уровня наиболее сахаристого родителя (но не бывает выше его). Наследование по этому типу обычно наблюдается при скрещивании сортов корнеплодной свеклы с мангольдами [17,5]. По данным В.Т. Красочкина [6], при скрещивании сорта столовой свек-

лы Пушкинская плоская (содержание сахара 10,5-10,7%) с мангольдом Зеленочерешковым (18,5-21,6%) в корнеплодах F_1 содержалось от 17,0 до 19,5% сахара. В F_2 и F_3 от скрещивания указанных выше форм также сохранялась сахаристость выше средней сахаристости родителей. Близкие данные получены при скрещивании Ленинградской округлой с *Beta maritima* L. (Швеция). Общей остается тенденция повышения сахаристости в корнеплодах гибридов, которая сохранялась и в F_2 . По всей вероятности, данный тип наследования обусловлен доминированием факторов сахаристости одной из исходных форм. Сахаристость – полигенный признак с ясно выраженным эффектом взаимодействия [7].

Зависимость (взаимосвязь) признаков.

Известно, что сорта свеклы столовой значительно различаются по форме корнеплодов, варьирующей от плоской до удлинённо-конической и цилиндрической [5,6]. В месте тем, анализ показал, что не наблюдается устойчивой связи между формой корнеплода и содержанием химических веществ в нем. В пределах каждой группы встречаются образцы с повышенным или пониженным содержанием сухих веществ и сахаров [7]. Не наблюдалось зависимости между химическим составом, в частности, содержанием сахаров и вкусовыми качествами корнеплодов, а также с интенсивностью окраски их мякоти. По-видимому, вкусовые качества корнеплодов, наряду с сахарами, определяются содержанием и других химических веществ и их соотношением.

Подтверждение этого вывода получено в результате изучения 61 коллекционного образца свеклы столовой по содержанию сахаров, аскорбиновой кислоты (витамина С) и бетанина. Были выделены три группы: 1 – образцы с повышенным (более 10% содержанием сахаров; 2 – со средним (9-10%) и 3 – пониженным (менее 9%). В результате содержание бетанина наибольшим (60,5 мг/100 г) было у образцов третьей группы, наименьшим (45 мг/100г) – у первой, то есть зависимость была обратная. По содержанию аскорбиновой кислоты какой-либо закономерности установлено не было.

Задачи и перспективы селекции на качество корнеплодов

Как уже отмечалось, для характеристики качества продукции свеклы столовой используют как «внешние» (форма и окраска корнеплодов), так и «внутренние» (окраска мякоти и ее вкус) признаки. Учитывая, что вкусовые качества корнеплодов в основном зависят от содержания химических веществ, важно знать их количество и соотношение, а также изменчивость во время вегетации и хранения. В селекции на качество учитывают также однородность по размерам, форме и

окраске корнеплодов, типичность окраски и консистенции мякоти, степень выраженности кольцеватости. Сорта, предназначенные для консервирования, должны сохранять хороший вкус, окраску и плотность мякоти корнеплодов при переработке.

В обеспечении высокого выхода товарных корнеплодов значительна роль сорта, особенно, в способности его противостоять неблагоприятным факторам: пониженной и повышенной температуре, засолению почвы, переувлажнению и т.д. В первую очередь, это относится к пластичным сортам или так называемым, сортам широкого ареала, которые ежегодно обеспечивают высокий урожай качественных корнеплодов в разных почвенно-климатических условиях. Следовательно, качество корнеплодов столовой свеклы определяется комплексом признаков и свойств, связанных с физиолого-генетическими особенностями сорта/гибрида, его происхождением. Поэтому на передний план выдвигаются задачи всестороннего изучения коллекционного и селекционного материала, включая наследование и изменчивость признаков, а также выявление корреляционных связей между ними [20].

Значительные различия выявлены у стародавних и примитивных сортов и форм столовой свеклы по содержанию в корнеплодах бетанина. По сухому веществу, сахарам и аскорбиновой кислоте они почти не отличались от современных сортов, по бетанину же значительно (на 100% и более) превосходили их. Наиболее высоким (375-595 мг/100 г) содержанием бетанина характеризовались образцы ранних лет селекции – Trevis (Франция), Hastigs blod Turnip (Дания), Halblange (Германия). Выявленные различия между современными и стародавними сортами, по-видимому, обусловлены «действием» селекции. На протяжении длительного времени в работе со свеклой столовой селекционеры уделяли главное внимание увеличению сырой массы корнеплодов, что снижало содержание бетанина. Кроме того, в результате одностороннего отбора по вкусовым качествам отбраковывались растения с повышенным содержанием бетанина, придающим мякоти корнеплода специфический привкус [21].

Как показали анализы современного сортимента свеклы столовой, наблюдается определенное выравнивание и стабилизация сортов и гибридов по химическому составу корнеплодов. Так, из 44 образцов, проанализированных в 2012 году в лаборатории биохимии ВИР, пять выделились как по содержанию сухого вещества (24,4-26,8 %) и сахаров (13,6-15,3%), так и бетанина (183,6-191,7 мг/100 г) и аскорбиновой кислоты (33,9-56,5мг%). Наиболее сбалансированными и высокими показателями отличались: Бордо односемянная (РФ), Betina (Чехия) и Red Ace (Мексика).

Биохимическое изучение раздельноплодных и односторонних сортов свеклы столовой показало, что по химическому составу они приближаются к сростно-плодным [15]. Так, раздельноплодные образцы Расemaker (США) и Односемянная (РФ) выделились по содержанию сухого вещества и сахаров в корне-плодах; по содержанию аскорбиновой кислоты они были близки к сростноплодному стандарту. Следовательно, раздельноплодность/односторонность и химический состав корнеплодов строго не взаимосвязаны, что открывает возможность для дальнейшего улучшения раздельноплодных сортов и гибридов.

Известно, что с химическим составом корнеплодов, в частности, с содержанием сахаров связаны их вкусовые качества [6]. Однако, как показали наши исследования, вкусовые качества не всегда зависят только от количества сахаров. Так, сорт Донская плоская (РФ) и Red Cross (США) имели близкие оценки вкусовых качеств – 4,0 и 3,9 балла, но содержание общего сахара у них было разное, 4,95 и 6,0% соответственно. При равной оценке вкусовых качеств (3,8 балла) образцы Banko (Швеция) и Односемянная (РФ) значительно различались по сахаристости корнеплодов (7,4 и 11,0%). Следовательно, вкусовые качества, наряду с сахарами, определяются содержанием других химических веществ, а также консистенцией мякоти корне-плодов [7].

В наших исследованиях высокими вкусовыми качествами характеризовались как холодостойкие и нецветущие сорта (Белорусская и Холодостойкая из Беларуси и Rubia из Швеции), так и менее холодостойкие (Monoking Explorer из Нидерландов и Red Cross из США). Выделенные нами при изучении на Полярной опытной станции ВИР (Мурманская обл.) практически нецветущие и холодостойкие образцы Banko (Швеция) и Подзимняя (РФ) различались по вкусовым качествам (4,1 и 3,8 балла соответственно). Таким образом, основные хозяйственно ценные признаки свеклы столовой (урожайность, холодостойкость, химический состав) независимы от вкусовых качеств корнеплодов и могут сочетаться в сорте/гибриде, причем как сростноплодным, так и раздельноплодным [19].

М.А. Долгополова [22] установила оптимальные параметры содержания химических веществ в корне-плодах раздельноплодных и односторонних сортов свеклы столовой: сухого вещества – 17% и выше (колебания в пределах 11,6-17,9%), сахаров – 9% и выше (8,0-9,7%), витамина С – 9,0 мг% и выше (8,0-9,5%), бетанина – 200 мг% и выше (колебания 127,3-231,0 мг%). При этом определены оптимальные показатели формы и массы корнеплодов, окраски кожицы и мякоти корнеплодов, кольцеватости, а также товарности и



лежкости их при длительном хранении. В результате проведенного анализа получены характеристики по качеству корнеплодов отечественного и зарубежного сортамента, включенного в Госреестр РФ.

Создание сортов и гибридов свеклы столовой, обладающих высокой лежкоспособностью и длительное время сохраняющих высокое качество продукции – важное звено в технологии ее производства и реализации. При этом определяющим фактором является пригодность сорта для машинной уборки и устойчивость корне-плодов к механическим повреждениям, то есть прочность кожицы. Проведенная в лабораторных условиях оценка прочности кожицы корнеплодов показала, что она значительно изменчива (коэффициент прочности варьирует – от 26,7 до 93,6) в зависимости от сорта. Наиболее высокой прочностью кожицы обладали французский сорт Nobol, а также Detroit Short (Дания). Форма корнеплодов устойчивых и неустойчивых к повреждениям корнеплодов у разных образцов также значительно варьировала. Вместе с тем, выявлено преимущество овально-округлой и коротко-цилиндрической формы корнеплодов по сравнению с плоской [7].

Исходный материал для селекции

Коллекция свеклы столовой ВИР насчитывает 400 образцов (включая примитивные формы) из 23 стран. В результате эколого-географического изучения на опытных станциях и филиалах ВИР, расположенных в разных почвенно-климатических зонах РФ, получены экспериментальные данные, характеризующие основные биологические и хозяйственно-ценные признаки, включая качество корнеплодов.

Изученные образцы относятся в основном к трем сортотипам: Египетская, Бордо (Детройт) и Эклипс. По основным показателям качества корнеплодов (содержа-

ние химических веществ, вкусовые качества и товарность) наблюдается значительная дифференциация в пределах каждого сортотипа. Вместе с тем, по окраске кожицы и мякоти корнеплода и ее консистенции существенных различий между образцами не выявлено, что свидетельствует о достаточно высоком уровне селекции в этом направлении в разных странах.

Как известно, качество корнеплодов определяется комплексом признаков и сложным их взаимодействием [17]. Важным при этом является выделение образцов-источников, сочетающих наиболее важные их них. Для анализа были взяты 65 образцов из 11 стран, которые выделились по основным показателям качества корнеплодов – содержанию биохимических веществ (сахаров, витамина С и бетанина), вкусовым качествам, прочности кожицы, товарности и лежкости корнеплодов при длительном хранении (табл.). Из таблицы видно, что наибольшее количество образцов, выделенных по сочетанию указанных выше признаков, происходит из Нидерландов, а также США и Канады. По комплексу признаков выделились: Astra, Uniball, Ran Uniball, Dwergina и Gracia (Нидерланды); Boston Crosby, Ruby Queen, Perfected Detroit и July Globe (США); Long Season, Little Egypt и Detroit Dark Red (Канада); Top Market и Obelisk (Австралия). Из отечественных сортов непревзойденными по содержанию бетанина, а также по товарности и лежкости корнеплодов при длительном хранении оказались Бордо 237, Бордо односемянная и Валента. Несомненно, перечисленные выше образцы могут быть использованы в качестве исходного материала в селекции на качество корнеплодов свеклы столовой.

Заключение

Качество корнеплодов свеклы столовой определяется комплексом признаков и свойств в сложном их взаимодействии. По большинству из них не известны генетические характеристики. Поэтому эффективным методом является эколого-географическое изучение образцов, характеризующихся наиболее высоким уровнем фенотипической выраженности биологических и хозяйственно ценных признаков с целью выделения генетических источников. Важным при этом является выявление корреляционных связей, позволяющих целенаправленно подбирать исходный материал для селекции.

Известно, что товарность корнеплодов столовой свеклы тесно связана с их формой. Сорта с округлой формой, как правило, имеют более высокий выход товарной продукции, чем с плоской. Для них характерны лучшая транспортабельность и лежкость при длительном хранении.

Сравнительно устойчивым сортовым признаком у свеклы является окраска корнеплодов, которая устойчиво проявляется в меняющихся условиях выращивания. Причем реакция разных сортов на изменение условий произрастания неодинаковая, что свидетельствует об их генотипических различиях, а, следовательно, и разном ареале. Скороспелые сорта, как правило, характеризуются повышенной холодостойкостью, интенсивно окрашенной мякотью и хорошими вкусовыми качествами.

Не наблюдалось устойчивой связи между химическим составом, интенсивностью окраски мякоти и вку-

**Сортообразцы свеклы столовой, выделившиеся по качеству корнеплодов
(Пушкин-Михнево-Майкоп, 2005)**

Основные показатели качества корнеплодов	Название и происхождение образца
Химический состав (сахаров 14 – 18%; витамина С – более 35 г/100 г; бетанина – более 50 г/100 г)	Пушкинская плоская, Бордо 237, Бордо односемянная и Русская односемянная (РФ), Astra, Dwergina, Bikores, Uniball и Ran Uniball (Нидерланды), Rod Bede Cylinder (Дания), Boston Crosby и Perfected Detroit (США), Detroit Dark Red и Long Season (Канада), Obelisk и Top Market (Австралия), Probat (ФРГ), Monoking Burgundy (Франция), Betina (Чехия), Red ACE (Мексика)
Вкусовые качества (4,5-5,0 балла)	Несравненная (РФ), Холодостойкая 19 (Беларусь), Astra, Gracia и Little Marvel (Нидерланды), Detroit Dark Red и Little Egypt (Канада), Ruby Queen, Beet Garnet и New Globe (США)
Прочность кожицы корнеплодов (коэффициент 70,0-95,0)	Односемянная (РФ), Nobol (Франция), Detroit Short (Дания), Ran Uniball и Detroit Supra (Нидерланды), Asmer Detroit (Великобритания), Formanova (США), Rubia (Швеция)
Товарность (91,0-99,0%)	Бордо 237 (РФ), Astra, Gracia, Alvro, Trianon и Dwergina (Нидерланды), Banko (Швеция), Crosby (Дания), Perfected Detroit (Канада), Special Crosby, Yuly Globe и Ruby Queen (США), Avonearly (Великобритания), Top Market (Австралия), Tardell и Halanga (Финляндия)
Лежкость корнеплодов при длительном хранении (80,0-90,0%)	Бордо 237 и Северный шар (РФ), Нежевис (Литва), Little Marvel, Detroit Supra и Little Ball (Нидерланды), Boston Crosby, Crosby green top и Yuly Globe (США), Perfected Detroit (Канада), Kamerun (Дания), Trevisе (Франция)

совыми качествами. По-видимому, вкусовые качества корнеплодов столовой свеклы, наряду с сахарами, определяются содержанием и других химических веществ (витамина С, бетанина, бетаина). В результате изучения коллекционных образцов была установлена отрицательная связь между содержанием сахаров и бетанина. Объясняется это, по-видимому, проведением на ранних этапах селекции одностороннего отбора по вкусовым качествам, когда растения с повышенным содержанием бетанина, придающим корнеплодам специфический вкус, отбраковывались. По содержанию витамина С какой-либо закономерности не наблюдалось.

При изучении было установлено, что по биохимическому составу нет существенных различий между раздельноплодными и сростноплодными сортами свеклы столовой, что открывает возможности для дальнейшего селекционного улучшения раздельноплодной свеклы. При этом по вкусовым качествам, товарности и лежкости корнеплодов при длительном хранении наблюдается значительная дифференциация у сортов в пределах разных сортогрупп. Поэтому важным является выделение образцов-источников, сочетающих наибольшее количество положительных признаков и свойств, и меньше – отрицательных.

В результате исследований выделены отечественные и зарубежные сортообразцы свеклы столовой с комплексом признаков и свойств, характеризующих качество их корнеплодов, которые рекомендованы для использования в современной селекции.

PROBLEM OF TABLE BEET ROOTS QUALITY AND WAYS OF SOLVING

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

Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) 190000, Russia, St. - Petersburg, Bolshaya Morskaya Str. 42-44
E-mail: t.piskunova@vir.nw.ru, d.sokolova@vir.nw.ru

Summary

The quality of table beet roots is determined by the complex traits and properties. Modern varieties of table beet are mostly heterozygous populations showing the strong variability under the influence of environmental conditions. Ecological and geographical study of 165 accessions of table beet was carried out and the interrelationship between traits of quality and other important biologically and economically valuable traits such as cold resistance, early maturity, monogermicity, marketability was studied. The basic traits that characterize the quality of roots of beet, including their color and shape, and also chemical composition, marketability and storability at the long-term storage were described. The data on the inheritance of form and color of beet roots and their chemical composition were given. It was found that the reaction of different varieties and hybrids of beet to change of growing conditions was unequal that showed their genotypic differences. Early maturing varieties of table beet, characterized by the increased cold resistance, as a rule, had intensively colored flesh of roots and good taste. Relatively stable varietal trait in beet roots is a color. There was no stable relation between the chemical composition, the intensity of the color of flesh and taste. The result of the study of collection accessions showed negative relationship between the sugar content and betanin. It was established that was no significant differences in biochemical composition between monogerm and multigerm varieties of table beet. As a result of research, the valuable accessions of table beet of home and foreign breeding were revealed and recommended for use into modern breeding programs.

Keywords: table beet, quality of roots, the inheritance of characteristics, biochemical composition, initial material for breeding.

Литература

1. Вавилов Н.И. Теоретические основы селекции растений. – Т. 1. – М.-Л., 1935. – 511 с.
2. Мережко А.Ф. Проблема доноров в селекции растений. – СПб., 1994. – 126 с.
3. Каталог мировой коллекции ВИР. – Вып. 765. – СПб., 2005. – 36 с.
4. Методические указания по изучению и поддержанию мировой коллекции корнеплодов. – Л., 1989. – 88 с.
5. Красочкин В.Т. Свекла. – М.-Л., 1960. – 439 с.
6. Красочкин В.Т. Свекла // Культурная флора СССР. – Л., 1971. – С. 7-266.
7. Буренин В.И. Генетические ресурсы рода Beta L. (свекла). – СПб., 2007. – 274 с.
8. Kajanus B. Über die Vererbungsweise gewisser Merkmale der Beta und Brassica Rüben. – Z. für Pflanzenz. – Berlin, 1913. – Bd. 1. – № 2. – S. 125-186.
9. Kajanus B. Über die Farbenvariation der Beta – Rüben. – Z. für Pflanzenz. – Berlin, 1917. – Bd. 5. – № 4. – S. 357-372.
10. Bandlow G. Die Genetik der Beta Vulgaris – Rüben. – Der Züchter. – Berlin, 1955. – Bd. 25. – № 4/5. – S. 104-122.
11. Owen F.V. Inheritance of cross and self-sterility and self-fertility in Beta vulgaris. – Journ. Agric. Research. – 1942. – V. 64. – № 12. – P. 679-798.
12. Rimpau W. Die Zuckerrüben-Samenzuchtaussagenanten Stecklingsrüben. – O. U. Z. f. Zuckerrind. und Landwirt. ZZ. – 1880. – S. 191-230.
13. Lindhard E., Iversen K. Vererbung von roten und gelben Farbenmerkmalen bei Beta – Rüben. – Z. Pflanzenz. – Berlin, 1920. – Bd. 7. – № 1. – S. 1-18.
14. Tschermak E. Über seltene Getreide – und Rüben Bastarde. – Z. f. Inel. Abst. Vererbungslehre. – Suppl., 1928. – Bd. 2. – S. 1495-1498.
15. Буренин В.И. Свекла (систематика, генетика, исходный материал и методы селекции). – Дис. д-ра наук. – Л., 1983. – 376 с.
16. Keller W. Inheritance of some major colour types in Beets. – Journ. Agr. Research. – 1936. – V. 52. – № 1. – S. 27-38.
17. Савицкий В.Ф. Генетика сахарной свеклы // Свекловодство. – Т. 1. – Киев, 1940. – С. 551-672.
18. Fruwirth C. Züchtung von Mais, Futterrübe, andere Rüben, Opfplanzen und Glasern. – Berlin, 1924. – 225 S.
19. Буренин В.И., Соколова Д.В. О цветущности столовой свеклы в связи с ее холодостойкостью. – Сб. науч. тр. отд. с.-х. наук ПАНИ. – Вып. 5. – СПб., 2014. – С. 565-566.
20. Пивоваров В.Ф. Селекция и семеноводство овощных культур. – Т. 1. – М., 1999. – 289 с.
21. Есюнина А.И., Луковникова Г.А., Буренин В.И. Биохимическая характеристика коллекционных образцов свеклы. – Тр. по прикл. бот., ген. и сел. – Т. 65. – В. 1. – Л., 1979. – С. 34-43.
22. Долгополова М.А. Оценка селекционных образцов односторонней свеклы столовой по комплексу хозяйственно ценных признаков в условиях Нечерноземной зоны. – Дисс. к.с.-х.н., М. 2015. – 118 с.