

Комплексная оценка исходного материала яблони для селекции на иммунитет и качество плодов

Е.В. Ульяновская , Т.Г. Причко, Л.Д. Чалая

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства», Краснодар, Россия

Представлены результаты многолетнего изучения новых перспективных и районированных сортов яблони (*Malus domestica* Borkh.), произрастающих в условиях юга России. Оценка сортов яблони проводили по устойчивости к основным грибным патогенам: парше (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter) и мучнистой росе (*Podosphaera leucotricha* Salm.), качеству и товарности плодов, содержанию биологически активных веществ, формирующих антиоксидантные свойства плодов. В селекции яблони применен усовершенствованный метод полиплоидии, основанный на вовлечении в селекционный процесс иммунных к парше родительских форм. В результате комплексной оценки основных агробиологических признаков сортов и форм яблони разной плоидности в нестабильных условиях окружающей среды выделены доноры и источники значимых признаков яблони для селекционного использования: устойчивости и иммунитета к основным грибным патогенам, крупноплодности, ярко-красной окраски плодов, улучшенного химического состава. Выделены высококачественные сорта яблони селекции Северо-Кавказского НИИ садоводства и виноградарства совместно с Всероссийским НИИ селекции плодовых культур, сочетающие иммунитет к парше (ген *Vf*) с высокой устойчивостью к мучнистой росе: Фортуна, Амулет, Кармен, Ника, Марго, Орфей, Союз и др. Выявлены иммунные к парше сорта яблони с высокой жизнеспособностью пыльцы (83–98 %): Азимут, Василиса, Кармен, Любава, Марго, Фортуна, Либерти, Прима, Флорина, Фридом. Выделены перспективные родительские формы, передающие большей части гибридного потомства хорошие вкусовые качества плодов, полиплоидные сорта: Голден Делишес тетраплоидный, Уэлси тетраплоидный, Боскопская красавица, Балсгард 0247 Е, Папировка тетраплоидная, а также диплоидные сорта: Алкмене, Прима, Редфри и Кубань. Выявлены сорта яблони с высокими химическими показателями, в том числе по содержанию сахаров – Орфей (10,8 %), Чемпион (10,5 %); витамина С – Василиса и Союз (более 9,0 мг/100 г), гибридная форма 44-24-49-у (более 11,4 мг/100 г), а также Р-активных веществ – Василиса, Любава, Марго (более 110,0 мг/100 г), использование которых в селекционных программах способствует ускоренному созданию новых генотипов с улучшенным биохимическим составом плодов.

Ключевые слова: яблоня; плоды; полиплоидия; сорт; донор; источник; товарные качества; химический состав.

КАК ЦИТИРОВАТЬ ЭТУ СТАТЬЮ:

Ульяновская Е.В., Причко Т.Г., Чалая Л.Д. Комплексная оценка исходного материала яблони для селекции на иммунитет и качество плодов. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016;20(5):607-615. DOI 10.18699/VJ16.182

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Ulyanovskaya E.V., Prichko T.G., Chalaya L.D. A comprehensive assessment of source material for apple breeding for immunity and fruit quality. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2016;20(5):607-615. DOI 10.18699/VJ16.182

УДК 634.11:631.52

Поступила в редакцию 25.12.2015 г.

Принята к публикации 13.02.2016 г.

© АВТОРЫ, 2016

A comprehensive assessment of source material for apple breeding for immunity and fruit quality

E.V. Ulyanovskaya , T.G. Prichko, L.D. Chalaya

Federal State Scientific Institution North-Caucasus Zonal Scientific-Research Institute of Horticulture and Viticulture, Krasnodar, Russia

The results of years of studying new and promising varieties of Apple trees (*Malus domestica* Borkh) grown in Southern Russia. Evaluation of Apple cultivars was carried out for resistance to the major fungal pathogens scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter) and powdery mildew (*Podosphaera leucotricha* Salm.), the quality and marketability of fruits, the content of biologically active substances underlying the antioxidant properties of fruits. An advanced method of polyploidy based on inclusion of parental forms with immunity to scab was applied in Apple selection. Integrated assessment of key biological traits of varieties and forms of Apple with diverse ploidy in unstable environments resulted in a selection of donors and sources of significant characteristics for Apple breeding such as resistance and immunity to major fungal pathogens, large fruit, bright red color of the fruit, improved chemical composition. High-quality varieties of Apple breeding in SKZNIISiV together with VNIISPK combining immunity to scab (the *Vf* gene) with high resistance to powdery mildew were selected: Fortune, Amulet, Carmen, Nika, Margo, Orfei, Souyz and others. Apple-tree grades, immune to scab, with a high viability of pollen (83–98%) were revealed: Azimuth, Vasilisa, Carmen, Lubava, Margo, Fortune, Liberty, Prima, Florina, Freedom. The promising parental forms passing to most of their hybrid progeny good tastes of fruits are Golden Delicious tetraploid, Wealthy tetraploid, Belle de Boskoop, Balsgard 0247 E, Papirovka tetraploid, and diploidy grades to Alkmene, Prima, Redfree and Kuban. Apple cultivars were revealed with high chemical indicators including the content of sugars: Orfei (10.8 %), Champion (10.5 %); vitamin C: Vasilisa and Souyz (more than 9.0 mg/100 g), hybrid form 44-24-49-uy (more than 11.4 mg/100 g); and P-active substances – Vasilisa, Lubava, Margo (more than 110.0 mg/100 g), whose use in breeding programs encourages the rapid creation of new genotypes with improved biochemical composition of fruits.

Key words: apple; fruit; polyploidy; class; donor; source; product quality; chemical composition.

Создание высококачественных сортов плодовых культур, иммунных к грибным патогенам, является приоритетным селекционным направлением, отвечающим задачам биологизации и экологизации производства плодовой продукции и охраны окружающей среды (Blazek, Paprstein, 1994; Kellerhals, Meyer, 1994; Fischer, Richter, 1999; Савельев, 2002; Козловская, 2003; Gessler et al., 2006; Седов и др., 2009; Программа..., 2013). Тенденция ослабления устойчивости к болезням у многих сортов нередко приводит к уменьшению устойчивости растений к абиотическим стрессовым факторам (засухе и морозам) и значительному снижению продуктивности и качества плодов (Гудковский и др., 2005; Причко, Чалая, 2011). Наблюдается и существенное сокращение чувствительности грибных патогенов к препаратам, применяемым для профилактики возникновения заболевания (Якуба, 2013). В Краснодарском крае за 2001–2015 гг. исследований отмечено 12 эпифитотий парши – наиболее распространенного и опасного заболевания яблони (возбудитель инфекции – гриб *Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter).

Исследователями различных стран выделены некоторые сорта яблони, обладающие полевой устойчивостью к местным расам парши (Bagga, Bonne, 1968; Brown, 2003). Наиболее широко в селекционных программах в мире и в России используются сорта с олигоценным типом устойчивости к парше, контролируемым геном *Vf* (Программа и методика..., 1995; Программа..., 2013; Fischer, Richter, 1999; Савельев, 2002; Козловская, 2003; Седов, 2011). В их числе сорт французской селекции Флорина, отличающийся сочетанием высокого качества плодов и иммунитета к парше. Одни из лучших показателей по качеству плодов среди иммунных к парше сортов способствовали введению сорта Флорина в районированный сортимент и его широкому распространению в садоводческих хозяйствах юга России. Как показывает мировая практика, выращивание таких сортов является экологически безопасным, наименее ресурсозатратным, и полученные плоды обладают ценными пищевыми качествами (Седов и др., 2007, 2009). Немаловажная роль при реализации селекционных программ отводится обоснованному выбору методов селекции. Практические результаты в селекции яблони к парше достигнуты при использовании доноров моногенной устойчивости, таких как *Malus floribunda* 821 (ген *Vf*), *M. pumila* R 12740-7A (ген *Vr*), *M. atrosanguinea* 804 (гены *Vf*, *Vm*), *M. prunifolia* 19651 (ген *Vf*). Для превентивной селекции на иммунитет к парше осуществляется программа создания сортов с дигенной (более длительной в отличие от моногенной) устойчивостью яблони (*Vf* + *Vr*, *Vf* + *Vm*, *Vr* + *Vm*) (Седов и др., 2009). В селекционных программах США, Канады, европейских стран активно используется ген *Vf* устойчивости к парше от клона *M. floribunda* 821 (Bagga, Bonne, 1968; Dayton, 1979; Baker, 1981; Brown et al., 2003). С 2009 г. приняты новые международные названия, в частности ген *Vf* обозначается как *Rvi6*. Перспективным в селекции на иммунитет к парше является усовершенствованный метод полиплоидии, позволяющий получать сорта яблони с высокими показателями адаптивности и качества плодов (Ненько и др., 2013; Ульяновская, 2014).

В настоящее время одна из основных нерешенных задач – совмещение в генотипе хозяйственно значимых признаков: высокая устойчивость к биотическим стрессорам среды, отличное качество плодов, влияющее на коммерческие характеристики и вкусовые достоинства (Причко, Чалая, 2011; Причко и др., 2013; Ульяновская, Супрун, 2013). Это определило целесообразность нашей работы по созданию и оценке новых сортов яблони разного уровня плоидности, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков. Основная цель исследования – выделение доноров и источников хозяйственно ценных признаков яблони для дальнейшего использования в селекционных программах и ускоренного создания иммунных сортов яблони с высокими показателями адаптивности, товарных качеств и химического состава.

Материалы и методы

Объекты исследования – генотипы яблони (*Malus domestica* Borkh.), созданные на основе видов, сортов, клонов и гибридных форм разного уровня плоидности. Исследования проводили в Опытном-производственном хозяйстве «Центральное» г. Краснодара в садах яблони 1998–2012 годов посадки на подвое М 9 в лабораторных и полевых условиях. В работе использованы селекционные программы и методики оценки генотипов яблони, в том числе изучение устойчивости бутонов, цветков и завязей к заморозкам; определение устойчивости к парше и мучнистой росе; исследование регулярности плодоношения и урожайности – по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1999); исследование устойчивости к абиотическим стрессовым факторам – по «Программе Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года» (2013), «Методическому и аналитическому обеспечению исследований по садоводству» (2010). Жизнеспособность пыльцы определяли путем проращивания ее в растворах сахарозы (Паушева, 1980). Подсчет хромосом проводили в точках роста с помощью пропионово-лакмоидной методики, разработанной К.С. Руденко и Г.Д. Дудукал (1971) для плодовых культур. В работе использовано оборудование ЦКП (центра коллективного пользования) СКЗНИИСиВ – микроскоп Olympus VX 41.

Исследование Р-активных веществ яблок (катехинов, лейкоантоцианов, общих полифенолов) осуществляли фотометрическим методом на приборе ФЭК КФК – 3 – 01 – «ЗОМЗ» (Вигоров, 1972); определение сахаров – титрованием Фелинговой жидкостью (Фелингами I и II) и витамина С – ускоренным методом – титрованием подготовленной пробы йодистым калием, согласно «Методическим указаниям по определению химических веществ для оценки качества урожая овощных и плодовых культур» (1979). Статистическая обработка результатов исследований проводилась с использованием пакета анализа программы Microsoft Excel и STATISTICA 6.0.

Результаты

В ходе проведенных исследований изучены биологические и цитологические особенности новых доноров значимых признаков для дальнейшего успешного привлечения их

Таблица 1. Краткая характеристика иммунных к парше генотипов яблони совместной селекции СКЗНИИСиВ и ВНИИСПК

| Сорт, элитная форма | Происхождение | Плоидность | Иммунитет к парше | Срок созревания | Внешний вид/вкус плодов, балл |
|---------------------|--|----------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|
| Ника | Голден Делишес тетраплоидный × | $2n = 2x = 34$ | V_f^* | Зимний | 4,7 / 4,8 |
| Марго | 2034 [F2 <i>M. floribunda</i> × Голден Делишес] | $2n = 2x = 34$ | V_f^* | Позднезимний | 4,7 / 4,7 |
| 12/1-21-60 | | $2n = 2x = 34$ | V_f^* | Позднезимний | 4,7 / 4,6 |
| 12/1-21-61 | | $2n = 3x = 51$ | V_f | Зимний | 4,6 / 4,5 |
| 12/3-21-23 | | $2n = 2x = 34$ | V_f^* | Зимний | 4,5 / 4,6 |
| Азимут | Делишес × Балсгард 0247Е | $2n = 2x = 34$ | V_f^* | Зимний | 4,7 / 4,8 |
| 12/1-20-1 | | $2n = 2x = 34$ | V_f^* | Зимний | 4,7 / 4,7 |
| 12/1-20-6 | | $2n = 2x = 34$ | V_f | Зимний | 4,5 / 4,7 |
| Гранатовое | Айдаред × Балсгард 0247 Е | $2n = 2x = 34$ | V_f^* | Зимний | 4,6 / 4,7 |
| 12/2-21-4 | | $2n = 3x = 51$ | V_f | Позднеосенний | 4,4 / 4,6 |
| 12/3-21-27 | | $2n = 3x = 51$ | V_f^* | Осенний | 4,7 / 4,7 |
| 12/1-20-59 | | $2n = 3x = 51$ | V_f | Позднеосенний | 4,7 / 4,8–4,9 |
| 12/1-20-31 | Старк Джон Граймс × Прима | $2n = 2x = 34$ | V_f^* | Летний | 4,5 / 4,6–4,7 |
| 12/2-21-65 | Корей × Прима | $2n = 2x = 34$ | V_f^* | Позднеосенний | 4,7 / 4,6 |
| Орфей | Голден Делишес тетраплоидный × OR18T13 | $2n = 2x = 34$ | V_f^* | Зимний | 4,8 / 4,8 |
| 12/1-21-76 | [(Вольф Ривер × <i>M. atrosanguinea</i> 804/240-57)] | $2n = 2x = 34$ | V_f | Позднеосенний | 4,8 / 4,7 |
| 12/3-21-20 | | $2n = 2x = 34$ | V_f^* | Зимний | 4,6 / 4,5–4,6 |

Примечание. Наличие доминантного аллеля гена *Vf* иммунитета к парше: V_f – по результатам фитопатологического тестирования (ВНИИСПК); V_f^* – по результатам молекулярного ДНК-анализа (лаборатория генетики и микробиологии СКЗНИИСиВ, рук. И.И. Супрун).

в гибридизацию. В качестве ценного исходного материала яблони на основе многолетней оценки урожайности, устойчивости к абиотическим стрессовым факторам, качества плодов и устойчивости к основным грибным патогенам сортов и элитных форм яблони разной плоидности выделены продуктивные генотипы (до 28–40 т/га) с плодами высоких вкусовых достоинств, сочетающие иммунитет к парше с полевой устойчивостью к мучнистой росе: Ника, Марго, 12/1-21-60, 12/1-21-61, 12/3-21-23 (из семьи Голден Делишес тетраплоидный × 2034 [*M. floribunda* × Голден Делишес]); Азимут (Делишес × Балсгард 0247 Е); Гранатовое (Айдаред × Балсгард 0247 Е); 12/1-20-31 (Старк Джон Граймс × Прима); Орфей (Голден Делишес тетраплоидный × OR18T13 [(Вольф Ривер × (*M. atrosanguinea* 804/240-57))]) и др. (табл. 1).

По многолетним данным оценки качества пыльцы диплоидных иммунных к парше генотипов яблони выявлено, что большинство из них имеет достаточно высокую жизнеспособность пыльцы. Лучшие показатели по этому признаку (83–98 %) отмечены у сортов и элитных форм отечественной селекции: Азимут, Василиса, Кармен, Любава, Марго, Фортуна, 12/1-20-6, 12/1-20-80, 12/2-21-65, а также интродуцированных сортов: Либерти, Прима, Сестра Либерти, Флорина, Фридом. При использовании усовершенствованного метода полиплоидии эти сорта перспективны в качестве отцовской формы в интервалентных скрещиваниях (по типу $4x \times 2x$) для получения более высокого выхода гибридных семян.

Для триплоидных сортов яблони характерна низкая жизнеспособность пыльцы (Седов и др., 2008). Это подтверждают и полученные нами данные. Низкая жизнеспособность пыльцы (от 11 до 29 %) отмечена у триплоидных иммунных к парше сортов и форм яблони: Союз, Ноктюрн, 12/1-20-59, 12/2-21-4, 12/2-21-34, 12/3-21-27 и др. В связи с этим эти сорта перспективно использовать в качестве материнской формы в интервалентных скрещиваниях (по типу $3x \times 2x$). Однако в связи с тем, что у триплоидов яблони высокий выход щуплых семян и низкий выход гибридных семян в целом, для получения большего количества гибридных семян необходимо значительно увеличить объем опыленных цветков по выбранным комбинациям скрещивания.

Одним из важнейших показателей товарных качеств яблони является величина плодов. Известно, что признак «величина плодов» контролируется полигенно, и достаточно часто значительная часть семян имеет плоды мельче, чем у более мелкоплодного родителя (Программа и методика..., 1995). Поэтому в селекции яблони на совмещение признаков устойчивости к грибным патогенам и качество плодов так важно использовать полиплоидные сорта яблони – источники признака «крупноплодность». Из 3213 изученных гибридов 1054 – крупноплодные, что составляет 32,8 % от общего количества. Высокий выход крупноплодных семян получен в семьях с участием полиплоидных сортов: Балсгард 0247 Е, Уэлси тетраплоидный, Папировка тетраплоидная, Боскопская красавица,

Таблица 2. Данные дисперсионного анализа изменчивости признака «масса плода» у генотипов яблони разной ploидности

| Изменчивость | df | ms | F | σ^2 | P_{in} , % |
|------------------------------------|-----|---------|-------|------------|--------------|
| Между генотипами разной ploидности | 2 | 89452,7 | 35,7* | 2090,2 | 45,5 |
| Остаточная | 122 | 2499,9 | – | 2499,9 | 54,5 |

Примечание. df – число степеней свободы; ms – средний квадрат; F – фактическое значение критериев Фишера; σ^2 – дисперсия; P_{in} , % – вклад в общую дисперсию; * – различия доказаны на 5 % уровне значимости.

Пепин Рибстона, а также диплоидных родительских крупноплодных форм: Делишес, Айдаред, Алкмене, Кубань, Богатырь и Ветеран. Анализ изменчивости признака «масса плода» генотипов яблони разной ploидности выявил, что доля влияния фактора «ploидность» составила 45,5 % от общей изменчивости (табл. 2).

Выделены источники крупноплодности – сорта и элитные формы яблони: триплоиды ($2n = 3x$) из семьи Айдаред × Балсгард 0247 Е: Юнона, Ноктюрн, 44-27-76-в, 44-24-42-в, 44-24-49-ю, 12/1-20-59, 12/1-21-26, 12/1-21-43, 12/3-21-27, гибрид 12/1-21-80 (Старк Джон Грайс × Прима); диплоиды ($2n = 2x$): Гранатовое, 12/1-21-48 (Айдаред × Балсгард 0247 Е), Василиса и Любава (Прима × Уэлси тетраплоидный).

Гибриды с массой плодов свыше 300 г (очень крупные) получены в семьях с участием полиплоидных сортов: Уэлси тетраплоидный, Боскопская красавица, Балсгард 0247 Е, Папировка тетраплоидная и Пепин Рибстона, а также крупноплодных диплоидных родительских форм: Богатырь, Айдаред, Алкмене и Ветеран. В семье Прима × Уэлси тетраплоидный выделены тетраплоидные гибриды 6-1-24 и 6-1-28 со средней массой плодов свыше 500 г (исключительно крупные). Таким образом, на крупноплодность гибридного потомства влияет как уровень ploидности, так и сорто-специфические особенности исходных родительских форм.

Важным показателем качества плодов являются их высокие вкусовые достоинства. Из 3213 гибридов 886 имеют плоды хорошего и отличного вкуса, что составляет 27,6 % от общего количества гибридного потомства. Выявлены родительские формы, передающие большей части гибридного потомства хорошие вкусовые качества плодов – полиплоидные сорта: Голден Делишес тетраплоидный, Уэлси тетраплоидный, Боскопская красавица, Балсгард 0247 Е, Папировка тетраплоидная, а также диплоидные сорта Алкмене, Прима, Редфри и Кубань, обладающие плодами хорошего вкуса и, кроме того, сорт Кубань имеет высокое содержание аскорбиновой кислоты.

Одно из основных направлений селекции яблони – создание сортов с хорошими товарными качествами, которые учитываются в российских и международных стандартах на яблоки культурных сортов, полученных от *Malus domestica* Borkh. (Стандарт..., 2003). При этом важным показателем иммунных к парше сортов яблони является стабильность размеров – диаметра (Д ср) и высоты плода (Н ср). По результатам исследований, в группе сортов летнего и осеннего сроков созревания как наиболее крупноплодные выделены триплоидные сорта Союз, Юнона, Ноктюрн (масса плода более 250,0 г). В группе зимних сортов все исследуемые сорта – диплоид-

ды, среди которых наиболее крупноплодный сорт – Марго (табл. 3).

Диаметр плодов всех исследованных сортов яблони полностью соответствует существующему международному стандарту ЕЭК ООН FFV-50 и ГОСТ РФ (Стандарт..., 2003; ГОСТ..., 2013). Большинство исследованных сортов имеют округлую форму плодов (с индексом не менее 0,95 о. е.). В настоящее время особый интерес представляют генотипы, имеющие оригинальную продолговатую или вытянутую округло-коническую форму плодов: Орфей, Марго (индекс плода 1,11-1,14), 12/3-21-18, 12/3-21-20 (индекс плода 1,07-1,17). Согласно международным и отечественным стандартам, наиболее предпочтительна равномерная ярко-красная, ярко-зеленая или чисто-желтая окраска плода яблони (Стандарт..., 2003; ГОСТ..., 2013; Программа..., 2013). Ярко-красной равномерной окраской плодов различной интенсивности обладают иммунные к парше генотипы яблони: Фортуна, 12/3-21-28 (сильной интенсивности); Амулет, Кармен, Купава, 44-24-49-ю, 12/1-21-76 (средней интенсивности), в происхождении которых участвовали яркоокрашенные сорта Редфри и Прима. Чисто-желтая окраска плода характерна для сортов различного срока созревания: Золотое летнее (летний), Памяти Евдокимова (осенний), Ника (зимний), Марго (позднелистный), полученных с участием сортов Голден Делишес и Голден Делишес тетраплоидный.

В настоящее время разработаны требования к новым сортам яблони, плоды которых к 2020 г. в условиях юга России должны содержать 13,0 % сахаров, 11,0–15,0 мг/100 г витамина С, 200,0 мг/100 г Р-активных веществ (Седов и др., 2007). Изучение химического состава позволило установить сортовую специфику плодов яблони по содержанию сахаров, количество которых в условиях Краснодарского края в представленных сортах не превышает 10,8 % (рис. 1). На накопление сахаров большое влияние оказывают суммы активных температур в период вегетации плодовых растений, количество которых при съеме плодов позднего срока созревания доходит до 3300 °С и выше. Выделены новый сорт яблони Орфей, содержащий более 10,8 % общего количества сахаров, и интродуцированный сорт Чемпион (10,5 %).

В полученном гибридном потомстве могут наблюдаться эффекты суммирующего действия генов. Такие результаты получены при использовании в качестве исходных форм сортов Прима и Уэлси тетраплоидный (10,0 и 9,2 % сахаров соответственно). Созданные с их участием генотипы Любава и 44-24-49-ю имеют более высокое содержание сахаров в плодах (10,3 и 10,5 % соответственно).

Выделение и использование в качестве исходных форм высоковитаминных сортов способствует получению на-

Таблица 3. Товарные качества плодов яблони, 2012–2015 гг.

| Сорт, элитная форма | Масса плода, г | Cv | H ср, мм | Д ср, мм | Индекс плода, о.е. |
|-------------------------|----------------|-------|----------|----------|--------------------|
| Летний срок созревания | | | | | |
| Союз* | 317,0 | 7,32 | 78,6±1,0 | 80,0±1,3 | 0,98 |
| Юнона* | 256,0 | 18,79 | 64,0±1,5 | 77,0±2,0 | 0,83 |
| 44-24-49-ю* | 220,0 | 3,42 | 69,6±2,0 | 75,6±1,3 | 0,92 |
| Фортуна** | 142,5 | 12,39 | 53,8±1,2 | 68,0±1,7 | 0,80 |
| Прима (к) | 198,6 | 18,66 | 66,4±2,0 | 68,6±1,6 | 0,97 |
| Осенний срок созревания | | | | | |
| Ноктюрн* | 252,2 | 8,17 | 66,8±0,9 | 72,0±1,6 | 0,93 |
| Любава* | 221,0 | 6,75 | 70,8±0,9 | 82,7±1,0 | 0,89 |
| Василиса*(к) | 238,8 | 6,85 | 68,8±1,2 | 76,0±2,2 | 0,91 |
| Зимний срок созревания | | | | | |
| Ника* | 212,4 | 7,22 | 68,2±0,8 | 69,4±1,1 | 0,98 |
| Марго* | 280,0 | 7,63 | 88,8±1,5 | 77,6±1,4 | 1,14 |
| Орфей* | 225,0 | 5,56 | 78,0±2,0 | 70,0±1,6 | 1,11 |
| Флорина (к) | 186,0 | 11,42 | 78,0±2,2 | 80,0±1,6 | 0,98 |

Примечание. H ср – средняя высота плода; Д ср – средний диаметр плода; Cv – коэффициент вариации; о.е. – относительные единицы;

* сорта селекции СКЗНИИСив совместно с ВНИИСПК;

** сорт селекции СКЗНИИСив.

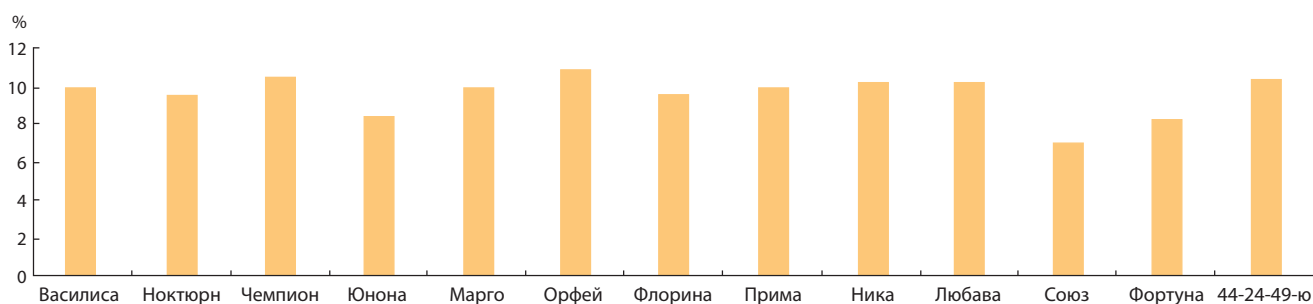


Рис. 1. Содержание сахаров в сортах яблони селекционных насаждений СКЗНИИСив.

следуемых форм и гибридов с высокими показателями витаминного состава, иногда превосходящих родительские формы. Так, исходные сорта Прима (7,9 мг/100 г) и Уэлси тетраплоидный (8,2 мг/100 г) позволили получить генотипы с более высоким содержанием аскорбиновой кислоты: Василиса (9,0 мг/100 г) и 44-24-49-ю (11,4 мг/100 г) (табл. 4).

Одним из важных показателей химического состава яблок являются катехины, обладающие высокими антиоксидантными свойствами (Van der Sluis et al., 2001). В условиях юга России среди новых сортов максимальное количество катехинов в плодах имеют Василиса, Любава, Марго, Орфей (132,2–103,0 мг/100 г), которые выгодно отличаются от родительских форм, взятых для скрещивания. Так, у сортов Прима и Уэлси тетраплоидный содержание катехинов составляет не более 88,6±14,0 мг/100 г, а у созданных на их основе сортов Любава и Василиса – 117,0±12,6 и 132,2±12,2 мг/100 г соответственно.

Сортовые отличия отмечены при исследовании лейкоантоцианов – наиболее окисленных соединений фенольной природы. Совместно с катехинами и другими соединениями фенольной природы, в том числе мономерными, лейкоантоцианы формируют общий состав полифенолов, количество которых зависит от как сортовых особенностей, степени зрелости плодов, так и абиотических факторов среды. В съемной зрелости максимальным количеством общих полифенолов отличаются новые иммунные к парше сорта совместной селекции СКЗНИИСив и ВНИИСПК: Марго, Любава и интродуцированный сорт Флорина, которые могут быть использованы для создания сортов с высоким содержанием Р-активных веществ.

Обсуждение

На начальном этапе изучения в мире признака «устойчивость к парше» было идентифицировано шесть генов устойчивости: *Vf*, *Vm*, *Vb*, *Vbj*, *Vr*, *Va* (Dayton, Williams,

Таблица 4. Содержание витамина С и Р-активных веществ в яблоках, 2006–2013 гг.

| Наименование сорта, элитной формы | Витамин С, мг/100 г | Р-активные вещества, мг/100 г | | |
|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------|------------------|
| | | катехины | лейкоантоцианы | общие полифенолы |
| Василиса* | 9,0 ± 2,3 | 132,2 ± 12,2 | – | – |
| Ноктюрн* | 6,2 ± 1,2 | 89,8 ± 10,6 | – | – |
| Чемпион | 6,6 ± 1,2 | 76,4 ± 20,0 | 50,2 ± 14,2 | 142,0 ± 17,0 |
| Юнона* | 5,5 ± 1,5 | 80,6 ± 12,8 | 40,6 ± 14,0 | 132,0 ± 13,4 |
| Марго* | 6,0 ± 1,2 | 113,0 ± 20,0 | 68,8 ± 12,9 | 192,0 ± 16,5 |
| Орфей* | 5,6 ± 0,8 | 103,3 ± 13,6 | 73,0 ± 10,6 | 180,2 ± 12,2 |
| Флорина | 8,0 ± 1,4 | 96,0 ± 8,8 | 58,6 ± 6,5 | 188,8 ± 7,7 |
| Фортуна** | 7,1 ± 0,8 | 90,6 ± 12,0 | 90,6 ± 12,0 | |
| Прима | 7,9 ± 2,2 | 88,6 ± 14,0 | 60,2 ± 12,0 | 160,8 ± 13,3 |
| Ника* | 7,8 ± 2,0 | 98,0 ± 11,8 | – | – |
| Любава* | 8,2 ± 1,8 | 117,0 ± 12,6 | 64,4 ± 10,8 | 194,0 ± 12,0 |
| Союз* | 9,4 ± 0,8 | 97,8 ± 10,4 | – | – |
| 44-24-49-ю* | 11,4 ± 1,0 | 126,0 ± 8,8 | – | – |

* Сорта и элитные формы селекции СКЗНИИСив совместно с ВНИИСПК;

** сорта селекции СКЗНИИСив.



Рис. 2. Иммунные к парше, высокопродуктивные элитные формы яблони в селекционных насаждениях СКЗНИИСив.

а – 12/1-21-61; б – 12/1-21-76; в – 12/3-21-25; з – 12/1-20-31.

1970; Седов, Жданов, 1983). В дальнейшем с использованием методов ДНК-маркирования были идентифицированы гены: *Vd* (источник гена – Durello di Forli); *Vh2*, *Vh4* (источник гена – R-12740-7A, относящийся к виду *M. pumila*); *Vh8* (источник гена – W193B, относящийся к виду *M. sylvestris*) (Gessler et al., 2006). Наиболее широко в селекционных программах в мире и в России используется ген *Vf*, на его основе создано свыше 200 иммунных к парше

сортов яблони. Однако даже наиболее перспективные из них значительно уступают по качеству, вкусу, лежкоспособности плодов лучшим образцам мирового сортимента, не обладающим необходимой степенью устойчивости к стрессорам окружающей среды, в том числе и не имеющим иммунитета к парше (Егоров и др., 2006; Седов, 2011; Программа..., 2013; Якуба, 2013). В условиях Центрально-Черноземного региона России многие интродуцированные иммунные к парше сорта яблони обладают невысоким адаптационным потенциалом, из-за недостатка тепла имеют низкие продуктивность и качество плодов (Савельева, Савельев, 2008). В Северо-Кавказском регионе России интродуцированные сорта зачастую также проявляют недостаточную адаптивность к абиотическим стрессовым факторам или их комплексу: ранним морозам осенью или в начале зимы, резким колебаниям температуры в зимние и ранневесенние месяцы, весенним возвратным заморозкам, недостатку почвенной влаги, воздушной засухе. Так, сорт Флорина, один из лучших по качеству плодов среди иммунных к парше сортов, недостаточно засухо- и морозоустойчив в условиях Западного

Предкавказья (Егоров и др., 2006). Существует проблема совмещения в одном генотипе высокой адаптивности к стрессовым факторам региона и качества плодов. По результатам многолетней оценки основных агробиологических признаков сортов и элитных форм яблони разной плоидности можно сделать вывод о положительном влиянии иммунитета к парше растений яблони на продуктивность. Кроме того, генотипы, совмещающие иммунитет к парше с повышенной засухоустойчивостью и морозоустойчивостью в условиях региона, отличаются высокой урожайностью и регулярностью плодоношения (рис. 2). Это подтверждают данные других исследователей о повышенной адаптивности новых иммунных к парше сортов к комплексу абиотических стрессовых факторов

того региона, где был создан сорт яблони (Савельева, Савельев, 2008; Седов, 2011).

Учитывая длительность, сложность и многоэтапность селекционного процесса многолетних плодовых растений, необходим научно обоснованный подбор исходного материала при составлении селекционных программ по яблоне. Генетическое разнообразие – основа ускоренного создания перспективных сортов яблони (Fischer, Richter, 1999; Keulemans, 2010; Седов и др., 2010, Седов, 2011, Еремин, 2012). По результатам многолетних исследований в Северо-Кавказском регионе России предложены генотипы различного происхождения и плоидности – доноры и источники селекционно значимых признаков яблони для ускорения селекционного процесса.

| Признак | Доноры и источники селекционных признаков |
|---|---|
| Источники олигогенной устойчивости к парше (ген <i>Vf</i>) | Сорта селекции СКЗНИИСив: Фортуна; селекции СКЗНИИСив совместно с ВНИИСПК: Марго, Орфей, Гранатовое, Ника, Союз, Юнона, Рассвет, Василиса, Кармен, Талисман, Амулет, Красный янтарь; зарубежной селекции: Либерти, Прима, Флорина, Сестра Либерти, Редфри, Фридом, Голдраш; отечественной селекции: Афродита, Солнышко, Старт, Строевское, Сочи 4-5 и др. |
| Источники полигенной устойчивости к парше | Азимут, Фея, Талида, Золотое летнее, Арго, Палитра, Красный мак, Родничок, Богатырь, Ветеран, Орлик, Папировка тетраплоидная, Сеймо Минегага и др. |
| Источники олигогенной устойчивости к мучнистой росе | <i>Malus robusta</i> Rehd (ген <i>PI₁</i>) <i>M. zumi</i> Rehd (ген <i>PI₂</i>) |
| Донор иммунитета к парше и мучнистой росе | Арива (гены <i>PI₂</i> и <i>Vf</i>) |
| Источники полигенной устойчивости к мучнистой росе | Амулет, Кармен, Талисман, Ника, Фортуна, Марго, Орфей, Союз, Юнона, Талида, Азимут, Гранатовое и др. |
| Источники улучшенных товарных качеств: | |
| массы плода | Чемпион, Любава, Юнона, Ноктюрн, Василиса, Союз, Балсгард 0247Е, Боскопская красавица, Уэlsi тетраплоидный и др. |
| формы плода окраски кожицы | Марго, Орфей Фортуна, Гранатовое, Амулет, Кармен, Флорина, Айдаред, Редфри, Прима |
| Источники повышенного содержания: | |
| сахаров | Чемпион, Ренет Симиренко, Марго, Орфей, Любава, Голден Делишес, Голдраш, Флорина |
| аскорбиновой кислоты | Кубань, Кубанское багряное, Ренет кубанский, Прикубанское |
| общих полифенолов и катехинов | Марго, Любава, Флорина, Корей, Гранни Смит, Делишес, Голд спур, Вел спур и др. |

Основные недостатки районированного сортимента яблони на юге России – отсутствие или недостаточное количество крупноплодных, яркоокрашенных или зеленоплодных, иммунных к парше и устойчивых к мучнистой росе сортов, с высокой адаптивностью к комплексу стрессовых абиотических факторов южного региона России (Программа..., 2013). Поэтому для селекции на комплексную устойчивость к основным грибным патогенам представляет интерес группа сортов, сочетающих иммунитет к парше и устойчивость к мучнистой росе, в том числе сорта селекции СКЗНИИСив – Фортуна и совместной селекции СКЗНИИСив и ВНИИСПК – Кармен, Юнона, Марго, Ника, Орфей, Союз, Амулет, Талисман, Гранатовое и Азимут.

Новый сорт может быть достаточно конкурентоспособным среди лучших возделываемых сортов, если он превосходит их по тем признакам, которые лимитируют и

обеспечивают высокое качество плодов и продуктивность (Еремин, 2004; Еремин и др., 2012; Причко и др., 2013). Усовершенствованный метод полиплоидии в селекции яблони позволил получить новые иммунные к парше зимние сорта яблони (рис. 3). Сорта адаптивны к условиям юга России, по химическим показателям и товарным качествам плодов не уступают исходным родительским формам.

Таким образом, в селекции на иммунитет к парше модификация методики возвратных скрещиваний путем использования в качестве рекуррентного родителя при каждом последующем беккресе (от 1 до 3) полиплоидного сорта или формы ($2n = 3x = 51$; $2n = 4x = 68$) позволяет достичь оптимального сочетания иммунитета к парше, адаптивности и качества в одном генотипе. За годы исследований создано 14 иммунных к парше сортов и более 165 элитных и отборных форм яблони различных сроков



Сорт Марго (Голден Делишес тетраплоидный × 2034 [F2 *M. floribunda* × Голден Делишес]). Тип плодоношения смешанный. Устойчив к мучнистой росе, морозо- и засухоустойчив. Урожайность до 40 т/га. Содержит 13,5 % сухих веществ; 0,55 % органических кислот, в том числе – 0,48 % яблочной кислоты; 0,98 % пектиновых веществ.



Сорт Ника (Голден Делишес тетраплоидный × 2034 [F2 *M. floribunda* × Голден Делишес]). Устойчив к мучнистой росе, засухоустойчив, скороплоден. Урожайность – до 38 т/га. Плоды с массой 212 г и более, округло-конической формы. Содержит 12,0 % сухих веществ; 0,64 % кислот; 0,82 % пектиновых веществ.



Сорт Орфей (Голден Делишес тетраплоидный × [Вольф Ривер × OR18T13 (Вольф Ривер × *M. atrosanguinea* 804/240-57)]). Устойчив к мучнистой росе, засухоустойчив. Урожайность до 36 т/га. Плоды – до 290 г, продолговато-конические. Мякоть ароматная, кисло-сладкого вкуса. Содержит 14,0 % сухих веществ; 0,85 % пектиновых веществ, в том числе 0,55 % растворимого пектина.



Сорт Гранатовое (Айдаред × Балсгард 0247 Е). Имеет высокую полевую устойчивость к мучнистой росе. Засухо- и морозоустойчив, скороплоден, урожайность до 38 т/га. Плоды с интенсивным темно-красным румянцем, массой до 264 г, сочные, с нежным ароматом. Содержит 12,5–13,0 % сухих веществ; 0,78 % пектиновых веществ, не менее 7,8 мг/100 г аскорбиновой кислоты и 98,8 мг/100 г Р-активных катехинов.

Рис. 3. Иммунные к парше новые сорта яблони совместной селекции СКЗНИИСив и ВНИИСПК.

созревания. Выделены перспективные родительские формы, источники хороших вкусовых качеств плодов: полиплоиды – Голден Делишес тетраплоидный, Уэлси тетраплоидный, Боскопская красавица, Балсгард 0247 Е, Папировка тетраплоидная; диплоиды – Алкмене, Прима, Редфри, Кубань. Для использования в селекционных программах и ускоренного создания иммунных сортов яблони с высокими показателями адаптивности и качества плодов нами выделены сорта яблони: Марго, Орфей, Гранатовое, Ника, Кармен, Азимут, Фортуна и др. Определены генотипы яблони с высоким содержанием сахаров – Орфей, Чемпион; витамина С – Василиса, Союз, 44-24-49-ю; Р-активных веществ – Василиса, Любава, Марго, использование которых в селекционных программах будет способствовать созданию новых сортов с улучшенными биохимическими показателями плодов.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и администрации Краснодарского края (проекты № 13-04-96552, 13-04-96592).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- Вигоров Л.И. Определение Р-активных веществ. Тр. III семинара по БАВ, Свердловск, 1972.
- ГОСТ Р 54697-2011 (ЕЭК ООН FFV 50:2010) Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговой сети. М.: Стандартинформ, 2013.
- Гудковский В.А., Каширская Н.Я., Цуканова Е.М. Стресс плодовых растений. Мичуринск: Научоград РФ. Воронеж, 2005.
- Егоров Е.А., Ильина И.А., Причко Т.Г. Драгавцева И.А., Попова В.П., Алехина Е.М., Алферов В.А., Артюх С.Н., Хвостова И.В., Якуба Г.В., Черкезова С.Р., Подгорная М.Е., Смольякова В.М., Ефимова И.Л., Ульяновская Е.В., Шафростова Н.К., Заремук Р.Ш., Сергеев Ю.И., Луговской А.П., Теренько Г.Н. Адаптивный потенциал садовых культур юга России в условиях стрессовых температур зимнего периода. Краснодар, 2006.
- Еремин Г.В. Проблемы адаптивной системы селекции плодовых культур. Проблемы экологизации современного садоводства и пути их решения. Краснодар, 2004; 16-29.
- Еремин Г.В. Разработка программ исследований и принципы подбора комбинаций скрещивания. Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. Краснодар: СКЗНИИСив, 2012; 97-105.
- Еремин Г.В., Ульяновская Е.В., Ковалева В.В. Полиплоидия. Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. Краснодар, 2012; 113-127.
- Козловская З.А. Совершенствование сорта яблони в Беларуси. Минск, 2003.
- Методические указания по определению химических веществ для оценки качества урожая овощных и плодовых культур. Ред. А.И. Ермаков, В.В. Вознесенская. Л., 1979.
- Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСив, 2010.
- Ненько Н.И., Киселева Г.К., Караева А.В., Ульяновская Е.В. Физиологические особенности адаптации сортов яблони различной ploidy к засухе в условиях Краснодарского края: Науч. тр. ГНУ СКЗНИИСив «Методологическое обеспечение селекции садовых культур и винограда на современном этапе». Краснодар, 2013; 1:70-75.
- Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1980.
- Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, 1995.

- Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, 1999.
- Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2013.
- Причко Т.Г., Артюх С.Н., Чалая Л.Д. Наследование химического состава плодов в селекции яблони. Современные сорта и технологии для интенсивных садов. Орел, 2013;185-188.
- Причко Т.Г., Чалая Л.Д. Влияние стресс-факторов в период вегетации на химический состав плодов яблони. Фундаментальные и прикладные разработки, формирующие современный облик садоводства и виноградарства, Краснодар, 2011;308-316.
- Руденко К.С., Дудукал Г.Д. Особенности применения ускоренного пропионово-лактоидного метода для кариологических исследований. Бюл. ВИР. 1971;18:69-72.
- Савельев Н.И. Создание новых сортов и доноров ценных признаков. Мичуринск, 2002.
- Савельева Н.Н., Савельев Н.И. Экономическая эффективность иммунных к парше сортов яблони в период полного плодоношения. Оптимизация технологических параметров структуры агроценозов и регламентов возделывания плодовых культур и винограда. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2008;1:60-64.
- Седов Е.Н. Селекция и новые сорта яблони. Орел, 2011.
- Седов Е.Н., Макаркина М.А., Левгерова Н.С. Биохимическая и технологическая характеристика плодов генофонда яблони. Орел, 2007.
- Седов Е.Н., Седышева Г.А., Жданов В.В., Ульяновская Е.В., Серова З.М. Результаты селекции иммунных к парше триплоидных сортов яблони. Информ. Вестник ВОГиС. 2009;13(4):785-793.
- Седов Е.Н., Седышева Г.А., Серова З.М. Селекция яблони на полиплоидном уровне. Орел: ВНИИСПК, 2008.
- Седов Е.Н., Седышева Г.А., Серова З.М., Ульяновская Е.В. Создание триплоидных сортов – приоритетное направление в селекции яблони. Аграрный вестник Урала. 2010;75(9-10):71-74.
- Стандарт ЕЭК ООН FFV-50 на яблоки, касающийся сбыта и контроля товарного качества, 2003.
- Ульяновская Е.В. Создание усовершенствованным методом полиплоидии иммунных и устойчивых к парше генотипов яблони. Науч. тр. ГНУ СКЗНИИСиВ. 2014;5:22-28.
- Ульяновская Е.В., Супрун И.И. Ускоренное создание генотипов яблони с повышенными показателями адаптивности и качества на основе выявленных закономерностей наследования значимых признаков: Науч. тр. ГНУ СКЗНИИСиВ «Методологическое обеспечение селекции садовых культур и винограда на современном этапе». Краснодар, 2013;1:47-52.
- Якуба Г.В. Экологизированная защита яблони от парши в условиях климатических изменений. Краснодар, 2013.
- Bagga H.S., Bonne D.M. Inheritance of resistance to *Venturia inaequalis* in crab apples. *Phytopathology*. 1968;58(8):1183-1187.
- Baker A.M. Ecophysiological aspects of zinc tolerance in *silene maritima*. *New Phytologist*. 1981;80:635-642.
- Blazek J., Papstein F. Breeding apples for scab tolerance at Hologovousy. Eds. H. Schmidt, M. Kellerhals. *Progress in Temperate Fruit Breeding*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Acad. Publ., 1994; 21-25.
- Brown S.K., Maloney K.E. Genetic improvement of Apple: Breeding, Markers, Mapping and Biotechnology. *Apples: Botany, Production and Uses*. 2003;31-59.
- Dayton D.F. Coop 19, 20, 21 and 22 a new series of scab immune apple selections. *Illinois Stat. Hort. Sor.* 1979;112:31-32.
- Gessler C.A., Patocchi S., Sansavini S., Tartarini S., Gianfranceschi L. *Venturia inaequalis* resistance in apple. *Crit. Rev. Plant Sci.* 2006; 25(6):473-503.
- Fischer C., Richter K. Results on fire blight resistance breeding of the Pillnitz apple breeding programme. *Erwerbsobstbau*. 1999;41(2): 56-60.
- Kellerhals M., Meyer M. Aims of the apple breeding program at Wadenswil. Eds. H. Schmid, M. Kellerhals. *Progress in Temperate Fruit Breeding*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Acad. Publ., 1994;117-121.
- Keulemans J. Genetic diversity, ploidy and apomixis in putative *cydonia* (*Cydonia oblonga*) × Apple (*Malus domestica*) Hybrids. 28th Int. Hort. Congr. Lisbon, 2010;1:202.
- Van der Sluis A.A., Dekker M., Jager A., de Jongen W.M.F.J. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. *Agr. Food Chem.* 2001;8:3606-3013.