Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016;20(5):607-615
DOI 10.18699/VJ16.182



# 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. Оценку 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-ю (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 Selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2016;20(5):607-615. DOI 10.18699/VJ16.182

ORIGINAL ARTICLE
Received 25.12.2015
Accepted for publication 13.02.2016
© AUTHORS, 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.

✉ e-mail: ulyanovskaya_e@mail.ru

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 олигогенным 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 Опытно-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 BX 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

**Table 1.** Scab-resistant apple genotypes collectively raised by the North-Caucasus Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture (NCRRIH&V) and the All-Russia Research Institute of Horticultural Breeding (ARRIHB)

| Variety, stock accession | Origin | Ploidy | Scab resistance | Ripening term | Appearance / fruit taste (scores) |
|---|---|---|---|---|---|
| Nika | Golden Delicious tetraploid × 2034 [F2 *M. floribunda* × Golden Delicious] | $2n = 2x = 34$ | $V_f$* | winter | 4.7 / 4.8 |
| Margo | | $2n = 2x = 34$ | $V_f$* | late winter | 4.7 / 4.7 |
| 12/1-21-60 | | $2n = 2x = 34$ | $V_f$* | late winter | 4.7 / 4.6 |
| 12/1-21-61 | | $2n = 3x = 51$ | $V_f$ | winter | 4.6 / 4.5 |
| 12/3-21-23 | | $2n = 2x = 34$ | $V_f$* | winter | 4.5 / 4.6 |
| Azimut | Delicious × Balsgård 0247E | $2n = 2x = 34$ | $V_f$* | winter | 4.7 / 4.8 |
| 12/1-20-1 | | $2n = 2x = 34$ | $V_f$* | winter | 4.7 / 4.7 |
| 12/1-20-6 | | $2n = 2x = 34$ | $V_f$ | winter | 4.5 / 4.7 |
| Granatovoe | Idared × Balsgård 0247 E | $2n = 2x = 34$ | $V_f$* | winter | 4.6 / 4.7 |
| 12/2-21-4 | | $2n = 3x = 51$ | $V_f$ | late autumn | 4.4 / 4.6 |
| 12/3-21-27 | | $2n = 3x = 51$ | $V_f$* | autumn | 4.7 / 4.7 |
| 12/1-20-59 | | $2n = 3x = 51$ | $V_f$ | late autumn | 4.7 / 4.8–4.9 |
| 12/1-20-31 | Starck John Grayms × Prima | $2n = 2x = 34$ | $V_f$* | summer | 4.5 / 4.6–4.7 |
| 12/2-21-65 | Korei × Prima | $2n = 2x = 34$ | $V_f$* | late autumn | 4.7 / 4.6 |
| Orfey | Golden Delicious tetraploid × OR18T13 [(Wolf River × *M. atrosanguinea 804/240-57*)] | $2n = 2x = 34$ | $V_f$* | winter | 4.8 / 4.8 |
| 12/1-21-76 | | $2n = 2x = 34$ | $V_f$ | late autumn | 4.8 / 4.7 |
| 12/3-21-20 | | $2n = 2x = 34$ | $V_f$* | winter | 4.6 / 4.5–4.6 |

$V_f$: Presence of the dominant allele of the $V_f$ gene for scab resistance according to phytopathological tests (ARRIHB).
$V_f$*: Presence of the dominant allele of the Vf gene for scab resistance according to DNA tests (Laboratory of Genetics and Microbiology, NCRRIH&V, head Dr. I.I. Suprun.

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 [F2 *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 × (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 сеянцев.

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 сеянцев 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 сеянцев 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 3 213 изученных гибридов 1 054 – крупноплодные, что составляет 32,8 % от общего количества. Высокий выход крупноплодных сеянцев получен в семьях с участием полиплоидных сортов: Балсгард 0247 Е, Уэлси тетраплоидный, Папировка тетраплоидная, Боскопская красавица,

**Table 2.** Analysis of variance of the fruit weight character in apple genotypes of different ploidies

| Variability | df | ms | F | $\sigma^2$ | $P_{in}$, % |
|---|---|---|---|---|---|
| Between genotypes differing in ploidy | 2 | 89452,7 | 35,7* | 2090,2 | 45,5 |
| Residual variability | 122 | 2499,9 | – | 2499,9 | 54,5 |

df, number of degrees of freedom; ms, mean square; F, the actual Fisher criterion value; $\sigma^2$, variance; $P_{in}$, %, contribution to the general variance;
* differences are proven at the 5 % significance level.

Пепин Рибстона, а также диплоидных родительских крупноплодных форм: Делишес, Айдаред, Алкмене, Кубань, Богатырь и Ветеран. Анализ изменчивости признака «масса плода» генотипов яблони разной плоидности выявил, что доля влияния фактора «плоидность» 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 плоидности, 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 – диплоиды, 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 (позднезимний), 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-

**Table 3.** Commercial qualities of apple fruit, 2012-2015

| Variety, stock accession | Apple weight, g | Cv | Mean fruit height, mm | Mean fruit diameter, mm | Fruit index, r. u. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Summer ripening | | |
| Soyuz* | 317.0 | 7.32 | 78.6 ± 1.0 | 80.0 ± 1.3 | 0.98 |
| Yunona* | 256.0 | 18.79 | 64.0 ± 1.5 | 77.0 ± 2.0 | 0.83 |
| 44-24-49-yu* | 220.0 | 3.42 | 69.6 ± 2.0 | 75.6 ± 1.3 | 0.92 |
| Fortuna** | 142.5 | 12.39 | 53.8 ± 1.2 | 68.0 ± 1.7 | 0.80 |
| Prima (k) | 198.6 | 18.66 | 66.4 ± 2.0 | 68.6 ± 1.6 | 0.97 |
| | | | Autumn ripening | | |
| Noktyurn* | 252.2 | 8.17 | 66.8 ± 0.9 | 72.0 ± 1.6 | 0.93 |
| Lyubava* | 221.0 | 6.75 | 70.8 ± 0.9 | 82.7 ± 1.0 | 0.89 |
| Vasilisa*(k) | 238.8 | 6.85 | 68.8 ± 1.2 | 76.0 ± 2.2 | 0.91 |
| | | | Winter ripening | | |
| Nika* | 212.4 | 7.22 | 68.2 ± 0.8 | 69.4 ± 1.1 | 0.98 |
| Margo* | 280.0 | 7.63 | 88.8 ± 1.5 | 77.6 ± 1.4 | 1.14 |
| Orfey* | 225.0 | 5.56 | 78.0 ± 2.0 | 70.0 ± 1.6 | 1.11 |
| Florina (k) | 186.0 | 11.42 | 78.0 ± 2.2 | 80.0 ± 1.6 | 0.98 |

Cv, coefficient of variance; r. u., relative units.
* Bred at the North-Caucasus Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture in cooperation with the All-Russia Research Institute of Horticultural Breeding.
** Bred at the North-Caucasus Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture.

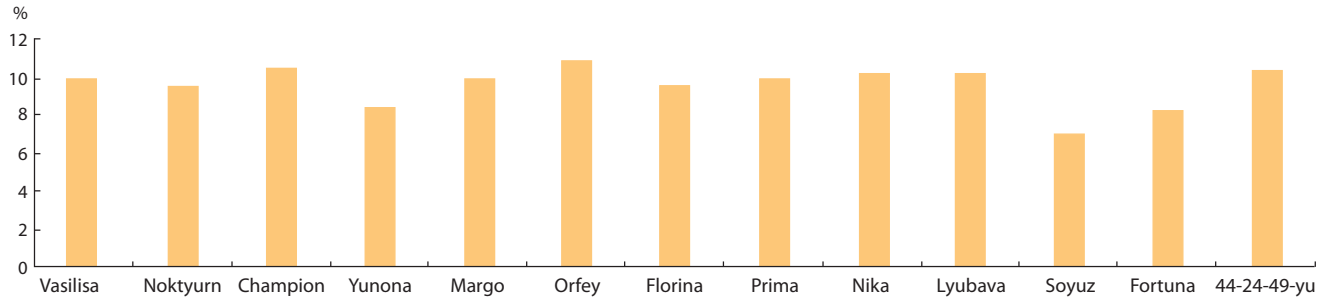


**Fig. 1.** Sugar contents in apple varieties bred at the North-Caucasus Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture.

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,

**Table 4.** Contents of vitamin C and P-active substances in apples, 2006-2013

| Variety, stock accession | Vitamin C, mg/100 g | P-active substances, mg/100 g | | |
|---|---|---|---|---|
| | | catechins | leucoanthocyanins | total polyphenols |
| Vasilisa* | 9.0 ± 2.3 | 132.2 ± 12.2 | – | – |
| Noktyurn* | 6.2 ± 1.2 | 89.8 ± 10.6 | – | – |
| Champion | 6.6 ± 1.2 | 76.4 ± 20.0 | 50.2 ± 14.2 | 142.0 ± 17.0 |
| Yunona* | 5.5 ± 1.5 | 80.6 ± 12.8 | 40.6 ± 14.0 | 132.0 ± 13.4 |
| Margo* | 6.0 ± 1.2 | 113.0 ± 20.0 | 68.8 ± 12.9 | 192.0 ± 16.5 |
| Orfey* | 5.6 ± 0.8 | 103.3 ± 13.6 | 73.0 ± 10.6 | 180.2 ± 12.2 |
| Florina | 8.0 ± 1.4 | 96.0 ± 8.8 | 58.6 ± 6.5 | 188.8 ± 7.7 |
| Fortuna** | 7.1 ± 0.8 | 90.6 ± 12.0 | 90.6 ± 12.0 | |
| Prima | 7.9 ± 2.2 | 88.6 ± 14.0 | 60.2 ± 12.0 | 160.8 ± 13.3 |
| Nika* | 7.8 ± 2.0 | 98.0 ± 11.8 | – | – |
| Lyubava* | 8.2 ± 1.8 | 117.0 ± 12.6 | 64.4 ± 10.8 | 194.0 ± 12.0 |
| Soyuz* | 9.4 ± 0.8 | 97.8 ± 10.4 | – | – |
| 44-24-49-yu* | 11.4 ± 1.0 | 126.0 ± 8.8 | – | – |

* Bred at the North-Caucasus Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture in cooperation with the All-Russia Research Institute of Horticultural Breeding.
** Bred at the North-Caucasus Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture.

**Fig. 2.** Scab-resistant apple tree stock accessions bred at the North-Caucasus Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture.
*a*, 12/1-21-61; *b*, 12/1-21-76; *c*, 12/3-21-25; *d*, 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. pimula*); *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 *Vf*) | Сорта селекции СКЗНИИСиВ: Фортуна;<br>селекции СКЗНИИСиВ совместно с ВНИИСПК: Марго, Орфей, Гранатовое, Ника, Союз, Юнона, Рассвет, Василиса, Кармен, Талисман, Амулет, Красный янтарь;<br>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 | *Malus robusta* Rehd (ген $Pl_1$)<br>*M. zumi* Rehd (ген $Pl_2$) |
| Донор иммунитета к парше и мучнистой росе | Арива (гены $Pl_2$ и *Vf*) |
| 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, Уэлси тетраплоидный и др. |
| формы плода | Марго, Орфей |
| окраски кожицы | 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 реккурентного родителя при каждом последующем беккроссе (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

Margo (Golden Delicious tetraploid × 2034 [F2 *M. floribunda* × Golden Delishes]). Fructification type mixed. Resistant to powdery mildew, frost, and drought. Output up to 40 t/ha. Contains 13.5 % solids; 0.55 % organic acids, including 0.48 % malic acid; 0.98 % pectin.

Nika (Golden Delicious tetraploid × 2034 [F2 *M. floribunda* × Golden Delicious]. Resistant to powdery mildew and drought. Early ripening. Productivity to 38 t/ha. Fruits weighing 212 g or more, rounded conical shape. Contains 12.0 % solids, 0.64 % acid, 0.82 % pectin.

Orfey (Golden Delishes tetraploid × [Wolf River × OR18T13 (Wolf River × *M. atrosanguinea 804/240-57*)]). Resistant to powdery mildew and drought. Output up to 36 t/ha. Fruits to 290 g, oblong and conical. Pulp fragrant, sweet-sour taste. Contains 14.0 % solids; 0.85 % pectic substances, including 0.55 % soluble pectin.

Granatovoe (Idared × Balsgård 0247 E). High field resistance to powdery mildew. Frost- and drought-resistant, early ripening. Output up to 38 t/ha. Fruits with intense dark red pulp, weight to 264 g, juicy, with gentle aroma. Contains 12.5-13.0 % dry matter; 0.78 % pectin, at least 7.8 mg/100 g ascorbic acid, and 98.8 mg/100 g P-active catechins.

**Fig. 3.** Scab-resistant apple varieties jointly bred at the North-Caucasus Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture and the All-Russia Research Institute of Horticultural Breeding.

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.

## Acknowledgments

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, projects 13-04-96552 and 13-04-96592, and by the Administration of the Krasnodar Krai.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## References

Bagga H.S., Bonne D.M. Inheritance of resistance to Venturia inaequalis in crab apples. Phytopathology. 1968;58(8):1183-1187.

Baker A.M. Ecophysiologucal aspects of zinc tolerante in silene maritime. New Phytobgist. 1981;80:635-642.

Blazek J., Paprstein F. Breeding apples for scab tolerance at Holovousy. 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. Hortic. Sor. 1979;112:31-32.

Egorov E.A., Ilyina I.A., Prichko T.G., Dragavceva I.A., Popova V.P., Alekhina E.M., Alferov V.A., Artuch C.N., Chvostova I.V., Yaquba G.V., Cherkezova S.R., Podgornaya M.E., Smolyakova V.M., Efimova I.L., Ulyanovskaya E.V., Shafrostova N.K., Zaremuk R.Sh., Sergeev U.I., Lugovskoi A.P., Terenko G.N. Adaptivnyy potentsial sadovykh kultur yuga Rossii v usloviyakh stressovykh temperatur zimnego perioda [Adaptive potential of horticultural crops of southern Russia at stressing temperatures in winter]. Krasnodar, 2006. (in Russian)

Eremin G.V. Problemy adaptivnoy sistemy selektsii plodovykh kultur [Problems of the adaptive system for fruit crop breeding]. Problemy ekologizatsii sovremennogo sadovodstva i puti ikh resheniya [Problems of Modern Gardening and Greening: Approaches to Their Solution]. Krasnodar, 2004:16-29. (in Russian)

Eremin G.V. Razrabotka programm issledovaniy i printsipy podbora kombinatsiy skreshchivaniya [Development of research programs and the principles of choosing combinations for crossing]. Sovremennye metodologicheskie aspekty organizatsii selektsionnogo protsessa v sadovodstve i vinogradarstve [Modern Methodological Elements of the Organization of Breeding Process in Horticulture and Viticulture]. Krasnodar, 2012:97-105. (in Russian)

Eremin G.V., Ulyanovskaya E.V., Kovalyova V.V.Poliploidiya[Polyploidy].Sovremennye metodologicheskie aspekty organizatsii selektsionnogo protsessa v sadovodstve i vinogradarstve [Modern Methodological Elements of the Organization of Breeding Process in Horticulture and Viticulture]. Krasnodar, 2012:113-127. (in Russian)

Ermakov A.I., Voznesenskaya V.V. (Eds.) Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu khimicheskikh veshchestv dlya otsenki ka-

chestva urozhaya ovoshchnykh i plodovykh kultur. [Guidelines for the determination of chemical substances for assessing the quality of the harvest of vegetable and fruit crops]. Leningrad, 1979. (in Russian)

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.

GOST (State Standard) P 54697-2011 (EEK OON 50:2010) Yabloki svezhie, realizuemye v roznichnoy torgovoy seti [GOST 54697-2011 (UNECE standard FFV 50:2010) Fresh apples for retail]. Moscow, Standartinform Publ., 2013. (in Russian)

Gudkovskiy V.A., Kashirskaya N.Y., Tsukanova E.M. Stress plodovykh rasteniy [Stress in fruit plants]. Michurinsk, Naukograd RF [Michurinsk: Science Town of the Russian Federation]. Voronezh, Quart Publ., 2005. (in Russian)

Fischer C., Richter K. Results on fire blight resistance breeding of the Pillnits apple breeding programme. Erwerbsobstbauu. 1999;41(2): 56-60.

Kellerhals M., Meyer M. Aims of the apple breeding program at Wadenswil. Eds. H. Schmids, M. Kellerhals. Progress in Temperate Fruit Breeding. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Acad. Publ., 1994;117-121.

Keulemans J. Genetic diversity, ploudy and apomixis in putative qbince (Cydonia oblonga) × Apple (Malus domestica) Hybrids. 28th Int. Hort. Congr. Lisbon, 2010;1:202.

Kozlovskaja Z.A. Sovershenstvovanie sortimenta yabloni v Belarusi [Improved Assortment of Apple in Belarus]. Minsk, 2003. (in Russian)

Metodicheskoe i analiticheskoe obespechenie issledovaniy po sadovodstvu [Methodical and Analytical Support for Research in Gardening]. Krasnodar, NCRRIH&V Publ., 2010. (in Russian)

Nenko N.I. Kiseleva G.K.,. Karavaeva A.V., Ulyanovskaya E.V. Physiological characteristics of the adaptation of apple varieties of different ploidies to drought conditions in the Krasnodar Krai. Nauchnye trudy GNU SKZNIISiV = Scientific Works of the North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture. 2013;1:70-75. (in Russian)

Pausheva Z.P. Praktikum po tsitologii rasteniy [Laboratory Manual on Plant Cytology]. Moscow, Kolos Publ., 1980. (in Russian)

Prichko T.G., Artyukh S.N., Chalaya L.D. Nasledovanie khimicheskogo sostava plodov v selektsii yabloni [Inheritance of the chemical composition of fruit in apple breeding]. Sovremennye sorta i tekhnologii dlya intensivnykh sadov [Modern Cultivars and Technologies for Intensive Orchards]. Orel, 2013:185-188. (in Russian)

Prichko T.G., Chalaya L.D. Vliyanie stress-faktorov v period vegetatsii na khimicheskiy sostav plodov yabloni [Influence of stress factors during the growing season on the chemical composition of apple fruits]. Fundamentalnye i prikladnye razrabotki, formiruyushchie sovremennyy oblik sadovodstva i vinogradarstva [Fundamental and Applied Research Forming the Modern Aspect of Horticulture and Viticulture]. Krasnodar, 2011:308-316. (in Russian)

Programma i metodika selektsii plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur [The Program and Method of Breeding Fruit, Berry and Nut Crops]. Orel, 1995. (in Russian)

Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur [The Programme and Method of Trial of Fruit, Berry and Nut Crops]. Orel, 1999. (in Russian)

Programma Severo-Kavkazskogo tsentra po selektsii plodovykh, yagodnykh, tsvetochno-dekorativnykh kultur i vinograda na period do 2030 goda [The Program of the North Caucasian Center for the Breeding of Fruit, Berry, Ornamental Crops, and Grapes for the Period up to 2030]. Krasnodar, NCRRIH&V Publ., 2013. (in Russian)

Rudenko K.S, Dudukal G.D. Features of the application of the accelerated propionic–lacmoid method in chromosome set analysis. Byulleten VIR = Bulletin of the Institute of Plant Industry (Leningrad). 1971;18:69-72. (in Russian)

Savelyev N.I. Sozdanie novykh sortov i donorov tsennykh priznakov [The Development of New Varieties and Donors of Traits]. Michurinsk, 2002. (in Russian)

Savelyeva N.N., Savelyev N.I. Ekonomicheskaya effektivnost immunnykh k parshe sortov yabloni v period polnogo plodonosheniya. [Economic efficiency of apple varieties immune to scab during full fructification]. Optimizatsiya tekhnologo-ekonomicheskikh parametrov struktury agrotsenozov i reglamentov vozdelyvaniya plodovykh kultur i vinograda [Optimization of Technoeconomical Parameters of Agrocenosis Structures and Schedules of Cultivation of Fruit Crops and Grapes]. Krasnodar, 2008;1:60-64. (in Russian)

Sedov E.N. Selektsiya i novye sorta yabloni [Apple Breeding and New Cultivars]. Orel, 2011. (in Russian)

Sedov E.N., Makarkina M.A., Levgerova N.S. Biokhimicheskaya i tekhnologicheskaya kharakteristika plodov genofonda yabloni [Biochemical and Technological Characteristics of the Gene Pool of Apple]. Orel, 2007. (in Russian)

Sedov E.N., Sedysheva G.A., Serova Z.M. Selektsiya yabloni na poliploidnom urovne [Apple Breeding at the Polyploid Level]. Orel, VNIISPK Publ., 2008. (in Russian)

Sedov E.N., Sedysheva G.A., Serova Z.M., Ulyanovskaya E.V. Raise of triploid varieties, a priority area in apple breeding. Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals. 2010;75(9-10):71-74. (in Russian)

Sedov E.N., Sedysheva G.A., Zhdanov V.V., Ulyanovskaya E.V., Serova Z.M. Breeding of scab-resistant triploid apple varieties. Informatsionnyy vestnik VOGiS = The Herald of Vavilov Society for Geneticists and Breeders. 2009;13(4):785-793. (in Russian)

Ulyanovskaya E.V. An improved method of polyploidy immune and resistant to scab apple genotypes. Nauchnye trudy GNU SKZNIISiV = Scientific Works of the North Caucasian Region Research Institute of Horticulture and Viticulture. 2014;5:22-28. (in Russian)

Ulyanovskaya E.V., Suprun I.I. Accelerated breeding of apple genotypes with improved adaptability and commercial quality based on the laws of inheritance of relevant characters. Nauchnye trudy GNU SKZNIISiV = Scientific Works of the North Caucasian Region Research Institute of Horticulture and Viticulture. 2013;1:47-52. (in Russian)

UNECE Standard FFV-50, concerning the marketing and commercial quality control of apples, 2003.

Van der Sluis A.A., Dekker M., Jager A., de Jongen W.M.F.J. Activity and concentration of polyphenolic antioxdants in apple: effect of culivar, harverst year, and storage conlitions. Agr. Food Chem. 2001;8:3606-3013.

Vigorov L.I. Opredelenie R-aktivnykh veshchestv [Determination of P-active substances]. Trudy III seminara po BAV [Proceedings of the III workshop on biologically active compounds]. Sverdlovsk, 1972. (in Russian)

Yaquba G.V. Ekologizirovannaya zashchita yabloni ot parshi v usloviyakh klimaticheskikh izmeneniy [Ecologically Sound Protection of Apple Trees from Scab at Climatic Changes]. Krasnodar, 2013. (in Russian)