

Shishkin V.A., Rybalkin E.P., Sotnik A.I. Some approaches to mathematics modeling of pome crops yielding ability // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 133. – P. 207-211.

The analysis of methods of mathematical modeling of pome crops on the example of studying 5 varietal samples of pears, taking into account the factors affecting the yielding ability. 15 main factors were considered, such as: maximum, minimum and average temperatures, relative humidity, incidence of chlorosis, drought resistance, morphological characteristics. Mathematical analysis with the construction of mathematical models was carried out using the software package Matlab. As a result, mathematical models characterizing the influence of both individual and multiple factors on the yielding ability of pear cultivars were obtained.

Key words: *analysis; mathematical models; pear cultivars rootstock; yielding ability*

УДК 634.1:631.52

DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-211-216

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ В СЕЛЕКЦИИ ЯБЛОНИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПАРШЕ

**Елена Владимировна Ульяновская¹, Иван Иванович Супрун¹,
Сергей Вячеславович Токмаков¹, Кязим Мурадинович Атабиев²,
Евгения Анатольевна Беленко¹**

¹ ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия», г. Краснодар
350901, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39

E-mail: ulyanovskaya_e@mail.ru

² СПК «Де-Густо», с. Эльхотово
363600, РСО-Алания, с. Эльхотово, ул. Хосонова, 2в

Представлены результаты многолетнего изучения генофонда яблони (*Malus x domestica* Borkh.) в условиях юга России. Цель исследования – формирование идентифицированных коллекций, выделение доноров и источников хозяйственно ценных признаков с рекомендациями по их использованию в селекции яблони. В работе использованы программы и методики селекции и сортоизучения, молекулярно-генетические методы исследования. Выделены ценные для селекции сорта с иммунитетом к парше (ген *Rvi6*) и высоким качеством плодов (гены *Md-PG1* (AA); *Md-Exp7* (198)): Моди, Стеллар, ЦИВГ 98, элитная форма 29-5-49.

Ключевые слова: *сорт; яблоня; селекция; иммунитет; парша*

Введение

Успех селекционной работы по плодовым культурам в связи с длительностью ювенильного периода, высокой гетерозиготностью в значительной мере обусловлен правильным подбором исходного материала.

Генетическое разнообразие – основа ускоренного создания перспективных сортов яблони [5, 9]. Для более успешного использования генетического разнообразия в селекции и повышения адаптивного потенциала новых сортов необходим поиск, мобилизация, изучение и привлечение значительного видового и сортового разнообразия [2–4, 7, 10].

Создание генетической коллекции – завершающий этап в системе изучения генофонда плодовых растений [1, 6]. Значительный интерес для селекционного использования представляют идентифицированные коллекции яблони.

Выявление генетической детерминации важнейших для селекции яблони признаков, поиск и выделение новых доноров ценных признаков, в том числе иммунитета и устойчивости к парше, научно обоснованный подбор родительских пар в значительной мере повышают эффективность селекционного процесса, способствуя

ускоренному созданию сортов с заданными признаками и свойствами. Для выявления иммунных к парше генотипов яблони с улучшенными показателями качества плодов нами использован современный метод молекулярного ДНК-маркирования.

Цель исследования – формирование идентифицированных коллекций, выделение доноров и источников хозяйственно ценных признаков с рекомендациями по их использованию в селекции яблони.

Объекты и методы исследования

В работе использованы программы и методики селекции и сортоизучения, как общепринятые, так и разработанные с участием авторов, а также молекулярно-генетические методы исследования [2 – 4, 6, 8, 12]. Исследования проводили в ФГБНУ СКФНЦСВВ в полевых и в лабораторных условиях; в СПК «Де-Густо» в полевых условиях. В работе использован центр коллективного пользования «Исследовательско-селекционная коллекция генетических ресурсов садовых культур» (ЦКП ИСК ГРСК), расположенная в ЗАО ОПХ «Центральное» ФГБНУ СКФНЦСВВ, г. Краснодар. Объекты исследований – генотипы яблони (*Malus x domestica* Borkh.) разной ploидности и генетического происхождения.

Результаты и обсуждение

Значительно ускорить и повысить эффективность достаточно трудоемкого и длительного процесса селекции устойчивых, адаптивных и высококачественных сортов может создание и выявление нового ценного исходного материала – доноров и источников с комплексом значимых биологических и хозяйственных признаков на основе использования современных генетических подходов. В настоящее время в ФГБНУ СКФНЦСВВ собрана достаточно обширная генетическая коллекция яблони – 399 сортов, видов, клонов, отборных и элитных форм различного генетического происхождения и ploидности. Проводится активное пополнение генетической коллекции яблони ФГБНУ СКФНЦСВВ; за последние годы пополнение составило более 110 образцов, в том числе: наиболее перспективные сорта российской и зарубежной селекции, аборигенные и местные сорта и формы, виды, межвидовые формы, клоны, полиплоиды.

Страны происхождения сортообразцов генетической коллекции яблони различны – это Россия, Беларусь, Казахстан, Узбекистан, Молдова, Украина, Германия, Италия, Чехия, Франция, Польша, Бельгия, Голландия, Швейцария, Англия, Швеция, США, Канада, Япония, Новая Зеландия, Австралия и др. Большинство образцов коллекции яблони из России (41%), стран СНГ (30%) и США (18%) (рис. 1)

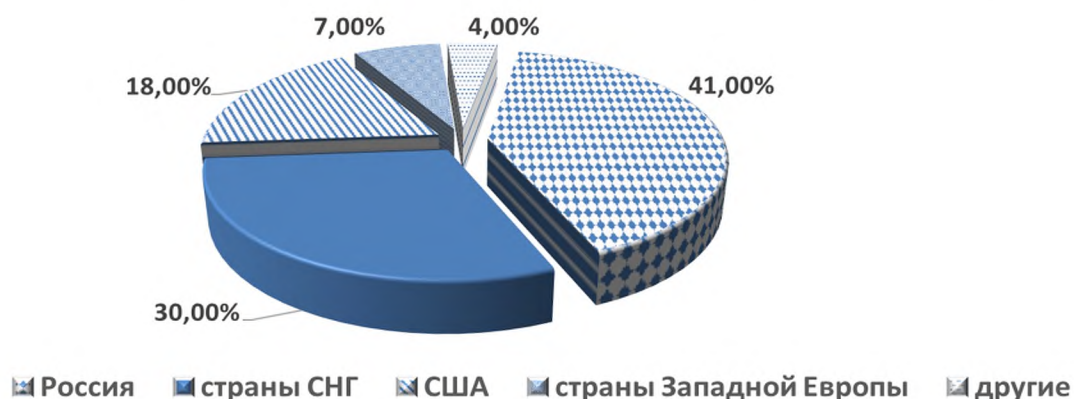


Рис. 1 Происхождение сортов яблони в коллекции ФГБНУ СКФНЦСВВ

В настоящее время селекция яблони на долговременный иммунитет к парше – одно из приоритетных направлений селекции, позволяющее в случае возникновения мутации в популяции паразита свести к минимуму риск преодоления устойчивости, поскольку вероятность совпадения двух и более мутаций чрезвычайно мала. Селекция на долговременный иммунитет к парше, наиболее вредоносному, распространенному и опасному заболеванию яблони, обусловлена комбинированием нескольких механизмов устойчивости растения, например, контролируемых несколькими главными генами (олигогенами – *Rvi6*, *Rvi5* и др.) или олигогеном и полигенами. Генетическая коллекция ФГБНУ СКФНЦСВВ включает индуцированные и спонтанные полиплоиды яблони, отдаленные гибриды яблони и сорта, обладающие иммунитетом к парше на олигогенной основе (ген *Rvi6*), дигенной основе (гены *Rvi6* и *Rvi5*) и совмещающие в одном генотипе олиго- и полигенную устойчивость к парше.

Большое значение в современных программах селекции яблони имеет вовлечению в селекцию выделенных из генофонда в результате углубленного изучения биологических и генетических особенностей наиболее ценных образцов – доноров и источников значимых признаков. Значительный интерес для изучения генетических особенностей яблони представляют идентифицированные коллекции. Генофонд яблони включает 146 доноров иммунитета к парше (ген *Rvi6*, гены *Rvi6* и *Rvi5*), 8 доноров нередуцированных гамет и 99 источников селекционно-ценных признаков.

Использование метода ДНК-маркирования для идентификации генов, участвующих в детерминации селекционно-ценных признаков, связано с подтверждением наличия целевых генов у родительских форм при подборе родительских пар для гибридизации и выполнением скрининга с целью поиска новых доноров селекционно-значимых генов. Особое внимание необходимо уделять генотипам, представляющим особую ценность как селекционный материал, а также комплексным донорам ценных для селекции признаков.

Высокой селекционной ценностью обладают доноры иммунитета к парше, обладающие, кроме того, комплексом значимых агробиологических признаков (хорошие и отличные характеристики качества плодов, в том числе высокая дегустационная оценка вкуса плодов и внешнего вида, соответствующий стандартам диаметр плода, округлая, округло-коническая или удлиненная коническая форма плодов, твердость мякоти, длительный срок хранения).

В результате многолетних исследований выделены сорта и элитные формы селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ совместно с ФГБНУ ВНИИСПК: Азимут, Алиса, Амулет, Василиса, Гранатовое, Джин, Исток, Кармен, Любава, Марго, Надежное, Ника, Орфей, Подарок Ставрополью, Союз, Талисман, Фортуна, Экзотика, Эллада, Юнона, 29-5-49, 12/1-20-6, 12/2-20-22 и др., иммунные к парше (с идентифицированным геном *Rvi6*) и имеющие плоды высоких вкусовых достоинств (дегустационная оценка плодов у которых составляет 4,5 – 4,9 балла) различных сроков созревания. Кроме того, удачное сочетание ценных для селекции признаков – иммунитета к парше (ген *Rvi6*), высоких вкусовых достоинств с равномерной сплошной окраской плодов имеют новые сорта и элитные формы: с эффектной, яркой красной окраской различной интенсивности – Надежное, Гранатовое (рис. 2), Кармен, Фортуна, Эллада, 12/3-21-28, 12/1-20-6, 12/1-21-76, 12/1-21-79; зеленоплодные – Алиса, 12/2-21-15; с чисто желтой окраской – Марго, Михсан, Ника, 29-5-49.

Новый зимний сорт Надежное – один из наиболее перспективных для включения в селекцию, иммунный к парше (ген *Rvi6*), с длительным сроком хранения, среднерослый, скороплодный, урожайный (до 35-37 т/га на подвое М9 при схеме 5х2), с высокой устойчивостью к мучнистой росе, с эффектными темно-красными, округло-коническими плодами, с гладкой блестящей поверхностью, сочными, отличного кисло-

сладкого вкуса с легким ароматом (дегустационная оценка вкуса составляет 4,7 – 4,8 балла, внешнего вида плодов – 4,8 балла). Свое название сорт получил благодаря высоким показателям продуктивности и устойчивости к засухе в условиях Краснодарского и Ставропольского края, республики Северная Осетия – Алании.

По данным многолетних исследований выделены наиболее перспективные сорта зарубежной селекции с высокой дегустационной оценкой плодов (4,5 – 4,9 балла): Арива, Аувил Эрли, Вильямс Прайт, Гайя, Гала Шнига, Дейтон, Джонаголд Декоста, Джонаголд Принц, Женева Эрли, Камео, Либерти, Лигол, Моды, Пинк Леди, Пинова, Пирос, Ред Джонаголд, Ретина, Стеллар, Топаз, Фуджион, Флорина, Фридом, Хоней Крисп, ЦИВГ 98, Чемпион, Элиза и др.



Надежное



Гранатовое

Рис. 2 Выделенные по комплексу ценных биологических признаков иммунные к парше сорта яблони

С использованием технологии ДНК-маркирования идентифицированы аллели генов, обуславливающих высокие качественные показатели плодов яблони, в том числе лежкоспособность и плотность мякоти.

В селекции на высокое качество плодов для генов *Md-EXP7* и *Md-PG1* в настоящее время идентифицированы функциональные ДНК маркеры – SSR-локусы, косегрегирующие с данными генами.

Длина микросателлитного повтора достоверно взаимосвязана с уровнем экспрессии гена *Md-EXP7* и плотностью мякоти, соответственно. При наличии аллели с размером амплифицированной последовательности 198 пар нуклеотидов (п. н.), показатель плотности мякоти плодов яблони будет максимальным.

Для гена *Md-PG1* присутствие комбинаций аллелей с разной длиной SSR повтора также влияет на показатели плотности при хранении; наиболее ценные генотипы по характеристикам качества плодов имеют нулевую дозу аллеля 3 (AA).

По данным ДНК-анализа выделены наиболее ценные для вовлечения в селекционный процесс зарубежные сорта яблони, обладающие иммунитетом к парше (ген *Rvi6*) и высоким качеством плодов (гены *Md-PG1* (AA); *Md-Exp7* (198)): Моды, Стеллар, ЦИВГ 98, а также элитная форма 29-5-49 (из семьи Голден Делишес тетраплоидный × 2034 (F2 *M. floribunda* × Голден Делишес)) совместной селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ и ФГБНУ ВНИИСПК.

Элитная форма 29-5-49 имеет комплекс положительных селекционно-ценных признаков: слаборослость, компактность кроны, высокую скороплодность, поздний срок цветения, высокие темпы нарастания продуктивности в условиях Краснодарского края и РСО-Алания, урожайность (до 36 – 40 т/га), крупные плоды кандилевидной

формы, равномерной желтой окраски, высоких вкусовых достоинств (дегустационная оценка вкуса 4,8 балла), длительный срок хранения. Донор 29-5-49 обладает высокой жизнеспособностью пыльцы (85 – 90%), а также при использовании в гибридизации позволяет получить высокий выход гибридных семян. К отрицательным признакам элитной формы 29-5-49 следует отнести склонность к перегрузке плодами.

Выводы

Таким образом, идентифицированные коллекции – генетические коллекции, объединяющие генотипы с идентифицированными аллелями целевых генов, представляют значительный интерес для ускорения селекционного процесса яблони. Использование для идентификации генетической детерминанты наиболее значимых селекционных признаков яблони метода ДНК-маркирования позволяет вести поиск и выделение доноров и комплексных доноров ценных признаков более эффективно.

Полученные многолетние данные оценки генофонда яблони с использованием комплекса полевых и лабораторных методов исследования, в том числе метода ДНК-маркирования, позволили выделить наиболее ценные сорта зарубежной и отечественной селекции по сочетанию признаков иммунитета к парше и улучшенных качественных показателей плодов: Моди, Стеллар, ЦИВГ 98, Надежное и элитную форму 29-5-49 для использования их как комплексных доноров в различных селекционных программах.

Список литературы

1. Еремин Г.В., Заремук Р.Ш., Супрун И.И., Ульяновская Е.В. Ускорение и повышение эффективности селекции плодовых культур. – Краснодар, 2010. – 55 с.
2. Комплексная программа по селекции семечковых культур в России на 2001-2020 гг. – Орел, 2001. – 29 с.
3. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел, 1999. – 606 с.
4. Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года. – Краснодар, 2013. – 202 с.
5. Седов Е.Н. Селекция и новые сорта яблони. – Орел: ВНИИСПК, 2011. – 624 с.
6. Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. – Краснодар, 2012. – 569 с.
7. Ульяновская Е.В., Супрун И.И., Токмаков С.В., Ушакова Я.В. Комплексный подход к отбору ценных генотипов яблони, устойчивых к стрессовым факторам среды // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2014. – № 25 (1). – С. 11–25.
8. Afunian M.R., Goodwin P.H., Hunter D.M. Linkage *Vfa4* in *Malus domestica* and *Malus floribunda* with *Vfresistance* to the apple scab pathogen *Venturiainaequalis* // Plant Pathology. – 2004. – V. 53. – P. 461–467.
9. Fischer C., Richter K. Results on fire blight resistance breeding of the Pillnitz apple breeding programme // Erwerbsobstbau. – 1999. – V. 41 (2). – P. 56–60.
10. Janick, J. History of the PRI apple breeding program // Acta Horticulturae. – 2002. – V. 595. – P. 55–60.
11. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // Nucleic Acids Research. – 1980. – V. 10. – P. 4321–4325.
12. Tartarini S., Gianfranceschi L., Sansavini S., Gessler C. Development of reliable PCR markers for the selection of the *Vf* gene conferring scab resistance in apple // Plant Breeding. – 1999. – V. 118. – P. 183–186.

Статья поступила в редакцию 05.05.2019 г.

Ulyanovskaya E.V., Suprun I.I., Tokmakov S.V., Atabiyev K.M., Belenko E.A. The use of genetic diversity in apple breeding for scab resistance // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 133 – P. 211-216.

The results of a long-term study of the apple tree gene pool (*Malus x domestica* Borkh.) in the conditions of southern Russia are presented. The purpose of the study is the formation of the identified collections, the selection of donors and sources of economically valuable traits with recommendations for their use in apple breeding. In the work we used the programs and methods of breeding and sorting, molecular genetic research methods. Valuable for breeding cultivars with immunity to scab (*Rvi6* gene) and high quality of fruits (genes *Md-PG1* (AA); *Md-Exp7* (198)) were identified: Modi, Stellar, CIVG 98, elite form 29-5-49.

Key words: cultivar; apple; breeding; immunity; scab

УДК 631.41:634.6 (477.75)

DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-216-224

ИНЖИР (*FICUS CARICA* L.) НА АГРОКОРИЧНЕВЫХ ТЕРРАСИРОВАННЫХ ПОЧВАХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

Анна Петровна Новицкая, **Николай Евдокимович Опанасенко**

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52
E-mail: grishina_ap@mail.ru

Изучена реакция растений инжира на свойства агрокоричневых террасированных почв Южного берега Крыма (ЮБК), выявлены неблагоприятные для растений свойства почв, а также их оптимальные и допустимые показатели. Выявлена зависимость объемной массы мелкозема от содержания илстых частиц и ила с пылью мелкой в слое 0 – 60 см и в корнеобитаемом слое. Выявлены количественные зависимости окружности штамба деревьев инжира от свойств агрокоричневой террасированной скелетной почвы. Рост инжира зависел от глубины залегания плотных подстилающих пород, запасов мелкозема в слое глубже 60 см, а также в корнеобитаемом слое. Для этих величин установлены допустимые параметры. Выявлена тенденция к зависимости окружности штамба деревьев от запасов гумуса в корнеобитаемом слое и содержания скелета в слое глубже 60 см

Ключевые слова: террасированные агрокоричневые почвы; состав; свойства; скелет; мелкозем, инжир

Введение

Инжир, Фига, Фиговое дерево, Смоковница обыкновенная, Смоква, или Винная ягода (*Ficus carica* L.) – субтропическое листопадное растение рода Фигус семейства Тутовые. Это теплолюбивое растение характерно для сухих субтропиков.

Родину инжира Н.И. Вавилов связывал с переднеазиатским очагом происхождения культурных растений, где сосредоточено значительное ботаническое разнообразие дикорастущих форм инжира. С. Лаубах считал, что культура инжира возникла в Юго-Западной Азии в районе современного Йемена. Отсюда инжир стал проникать в Финикию, Сирию, Египет и другие страны Средиземноморья.

В наши дни культура инжира распространена по субтропическим странам обоих полушарий. Наиболее широкое развитие она получила в странах Средиземноморья: прежде всего в Турции, Греции, Италии, Алжире, Марокко, Испании, а также в Португалии. Кроме них, в Новом Свете культура инжира привилась в Мексике, Перу, Бразилии и Аргентине. Культурные насаждения инжира получили известное развитие также в Южной Африке и Австралии. В СНГ культура инжира распространена в Азербайджане, Грузии, Армении, Дагестане, Краснодарском крае, Туркменистане, Узбекистане и Таджикистане, а также на Южном берегу Крыма (ЮБК).

Южный берег Крыма, в особенности территории, примыкающие к Ялте и Алуште, считаются лучшими в Крыму для возделывания инжира. В Никитском