

ПЛОДОВОДСТВО И ЯГОДОВОДСТВО В БЕЛАРУСИ И ЗА РУБЕЖОМ

УДК 634.11:631.526.32:631.523

СОРТ ЯБЛОНИ КРАПАЧ – РЕЗУЛЬТАТ НОВОЙ СЕЛЕКЦИОННОЙ МЕТОДОЛОГИИ

**З. А. КОЗЛОВСКАЯ, С. А. ЯРМОЛИЧ, Т. А. ГАШЕНКО,
Г. М. МАРУДО, В. В. ВАСЕХА, Ю. Г. КОНДРАТЕНОК**

*РУП «Институт плодородства»,
ул. Ковалева, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: zoya-kozlovskaya@tut.by; yarmolich_sergeri@mail.ru; tanya_gashenko@tut.by*

АННОТАЦИЯ

В статье даны история создания и полная характеристика сорта яблони Крапач по морфологическим и хозяйственно-биологическим признакам. Данный сорт десертного назначения получен от целевой гибридизации сорта чешской селекции Otava и сорта белорусской селекции Вербнае по новой селекционной методологии. Проведены анализ генетического полиморфизма генома сорта Крапач и его оценка с использованием молекулярных маркеров, выявлено наличие генов устойчивости к парше *Rv11* и *Rv16*, определен состав аллелей и разработан ДНК-паспорт.

Крапач – сорт скороплодный, вступает в товарное плодоношение на 2-й год после посадки в сад, средний урожай с дерева на подвое 62-396 за 2014–2018 гг. наблюдений составил 24,0 кг. Средняя урожайность сорта в пору полного плодоношения – 30,0 т/га при плотности 1666 дер/га, плодоношение регулярное. Характеризуется высокой зимостойкостью, высокой устойчивостью к болезням, в годы эпифитотийного развития болезни (2012–2018 гг.) не отмечено поражений паршой листьев и плодов. Превосходит лучший отечественный аналог, сорт среднего срока созревания Лучезарное, по зимостойкости, устойчивости к заболеваниям, скороплодности, стабильно высокой урожайности в сочетании с высоким качеством плодов и привлекательным внешним видом.

Ключевые слова: яблоня, селекция, гибридизация, сорт, молекулярные маркеры, ДНК-паспорт, качество плодов, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Современные сорта плодовых культур должны сочетать высокую потенциальную продуктивность с устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам в условиях высокоплотного размещения деревьев и быть отзывчивыми на приемы интенсивных технологий, обладать высокими потребительскими и товарными качествами плодов. При установлении соотношений сортов в садовых насаждениях, прежде всего, учитываются перспективы непрерывного получения плодовой продукции в течение максимально длительного периода. В структуре занимаемых площадей сорта яблони раннего и среднего сроков созревания, в зависимости от природно-экологических особенностей региона возделывания, должны занимать около 12 %. В последнее время товарные сады закладывают только поздними сортами, ряд из которых обладает высоким иммунитетом к болезням и очень коротким ювенильным периодом. В районированном сортименте Республики Беларусь ощущается дефицит среднеспелых сортов с аналогичными характе-

ристиками. Так, среди сортов яблони, допущенных к возделыванию в производстве, только четыре среднего срока созревания: Ауксис, Слава победителям, Осеннее полосатое, Лучезарное [1]. Фактически основными источниками массового поступления плодов данного срока созревания на потребительский рынок являются приусадебные и дачные сады, которые представлены, главным образом, столовым низкокачественным яблоком, и импорт товарных плодов из Польши и Молдовы. В связи с этим была поставлена задача создания сорта яблони среднего срока созревания десертного назначения, который не только расширит промышленный сортимент данной группы зрелости, но и будет способствовать импортозамещению плодов из соседних стран.

Селекционная работа с яблоней, как и с другими плодовыми культурами, сопряжена с трудностями, обусловленными длительным периодом онтогенетического развития, высокой гетерозиготностью сортов и форм из-за перекрестного опыления, самостерильностью, аллополиплоидной природой происхождения генома. Биология плодового растения такова, что на его воспроизводство и выращивание затрачивается много времени. Так, получение одного взрослого плодоносящего поколения яблони занимает не менее 8–10 лет даже при использовании скороплодных исходных форм. Первичное испытание элитных гибридов, включая время на размножение, занимает еще не менее 8–10 лет при условии использования скороплодных вегетативно размножаемых подвоев. Все это, вместе взятое, ограничивает генетическое изучение исходного материала традиционными методами, для которого необходимо не только первое семенное гибридное поколение, но и второе, и третье. Поэтому совершенствуются селекционные программы, включающие разработку новых методов отбора и совершенствование методик по первичному изучению хозяйственно-биологических свойств сортов и гибридов, как в селекционных насаждениях, так и в коллекционных. И отечественный, и мировой опыт показывает, что только при получении больших объемов гибридного фонда возможен результативный отбор. Выращивание гибридов яблони даже одного поколения, учитывая размеры плодового дерева и его потребности в достаточно большой площади питания, требует значительных затрат не только времени, но и больших участков садопригодной земли, а также трудовых и энергетических ресурсов по уходу за насаждениями. Создание новых сортов яблони с высоким качеством плодов, стабильной урожайностью и высокой устойчивостью к болезням и вредителям требует сокращения времени и затрат [2–4].

Оптимизация выбора исходного материала в огромной численности и многообразии форм и подбор пар для скрещиваний – основополагающие факторы эффективности селекции. Это неоспоримое положение является руководством в работе практически каждого селекционера. Анализ результатов селекции за отдельные периоды времени крайне необходим для обогащения знаниями в поиске наиболее результативных родительских форм и гибридных семей, корректирования выбранных направлений селекции, совершенствования самого селекционного процесса и повышения его эффективности [4]. Применение новой методологии, направленной на интенсификацию селекционного процесса, включает использование приемов и методов отбора: а) исходного материала, б) оценки растений гибридного фонда в ювенильной стадии развития, что позволяет сократить трудовые и материальные затраты в 2 раза [3]. Так, для повышения эффективности отбора в селекции на устойчивость к болезням мы в своей работе сочетали классический фитопатологический метод и молекулярно-генетический, что позволило значительно ускорить процесс селекции за счет идентификации ценных генов на первых стадиях роста растений. Были получены результаты содержания олигогенов в генотипах исходных форм и гибридных растений яблони [5–7].

Молекулярные маркеры, как и отбор на искусственном инфекционном фоне, позволяют своевременно избавиться от селекционного брака на первых этапах онтогенеза и сократить время селекционного процесса. Кроме выявления генов устойчивости к болезням сделаны первые шаги исследования аллельного состава генов, контролирующих продолжительность хранения плодов и окраску кожицы плодов яблони [8]. Проведение исследований в данном направлении еще в начале пути. В то же время достаточно весомый результат получен в выявлении генов устойчивости к бактериальному ожогу, тле, мучнистой росе у ряда сортов и гибридов нашей коллекции. Очень результативными в плане получения комплексно устойчивых форм оказались

комбинации скрещиваний с участием сортов Чараўніца и Чулановка – носителей данных генов устойчивости. В их потомствах выявлены гибриды, содержащие в своем генотипе гены устойчивости к бактериальному ожогу, кровавой тле и мучнистой росе [9–11]. Кроме этого в результате молекулярного анализа среди потомков видов мелкоплодных яблонь выявлены ценные генотипы – носители моногенов устойчивости к мучнистой росе [12]. Таким образом, методы молекулярного маркирования позволяют проводить отбор на любой стадии онтогенеза яблони и вовремя избавляться от не представляющих селекционной ценности образцов, а также могут быть успешно применены там, где оценка по фенотипу затруднена или требует длительного времени.

Главной целью одного из последних проектов по селекции яблони было создание сорта среднего срока созревания, сочетающего высокое качество плодов и высокую устойчивость к болезням, без снижения достигнутого потенциала урожайности (30 т/га) и зимостойкости, на основе новой методологии.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2006–2018 гг. в отделе селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства».

Гибридизация проведена в 2006 г. с участием сортов и отборов гибридных популяций, обладающих геном *Rvi6*: Redfree, Witos, Sir Prise, 86-55/53 (Белорусское малиновое × ВМ 41497), 99-4/32 (Jonafree × Утес), 99-5/32 (Relinda св. оп.), 86-54/137 (Антей × ВМ41497), Дьямент, Отава, Имант, Аскольда, Пикколо и сортов с полигенной устойчивостью к парше – Антей, Вербнае, Елена, 85-27/78 (Чараўніца св. оп.) согласно методике [4].

Отбор высокоустойчивых к парше сеянцев проводили в начальной фазе их роста и развития на искусственном инфекционном фоне, после которого гибридные сеянцы тестировали в полевых условиях в течение двух лет. На втором году их жизни в августе проводили отбор по морфологическим признакам культурности сеянцев и устойчивости к болезням и неблагоприятным абиотическим факторам среды, после которого отборные растения были размножены в питомнике для дальнейшего изучения в саду. Исследования проводили согласно разработанной нами схеме селекционного процесса, включающей совмещение двух этапов: первичное изучение гибридных сеянцев яблони в селекционном саду и первичное изучение отборных гибридов, привитых на клоновом подвое 62-396.

Искусственное заражение. Первое заражение проводили в фазе 1–2 настоящих листьев, второе – через 10–14 дней. Наряду с оптимальной для заражения температурой +16...+18 °С был соблюден режим влажности в течение 2 суток. В качестве инокулюма использовали свежесобранные конидии с пораженных листьев сеянцев яблони (предварительно инфицированных спорами гриба из чистой культуры) и конидии гриба с консервированных пораженных листьев. Учет поражения сеянцев проводили по модифицированной 9-балльной шкале [4]. По этой шкале типы 7 и 9 относили к реакции восприимчивости. Недоразвитые и слаборазвивающиеся растения из опыта исключали. Растения без признаков поражения были высажены в открытый грунт.

Селекционный сад посажен в 2010 г. Схема размещения деревьев в саду – 4 × 2 м. Почва на участке – дерново-подзолистая, среднеподзоленная, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке. Применялась профилактическая химическая защита от вредителей и болезней. Содержание приствольных полос – гербицидный пар, междурядий – естественный газон. Обрезка растений – ежегодная. Полевые наблюдения и учеты хозяйственно-биологических признаков и свойств, а также оценку товарно-вкусовых качеств плодов и продуктивности сортов проводили согласно методике [4].

Молекулярно-генетические исследования проводили согласно «Методическим рекомендациям по идентификации и паспортизации сортов яблони и груши на основе ДНК-маркеров» и «Методическим рекомендациям по идентификации на основе ДНК-маркеров генов устойчивости к парше яблони» [13, 14]. В качестве внешнего стандарта использовали ДНК сорта Discovery, а внутреннего стандарта – GenomeLab DNA Size Standard Kit-600 (Beckman Coulter). Сорт Discovery выбран как стандарт многих генетических исследований [15–17].

Полученные экспериментальные данные обработаны с использованием программного пакета EXCEL 6.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

История создания сорта. При выполнении задачи создания товарных, конкурентоспособных сортов яблони раннего срока созревания был произведен отбор исходных форм – источников необходимых признаков и свойств. В гибридизацию были включены высококачественные сорта Елена, Redfree, Witos, Sir Prize, Дьямент, Отава, Имант, Аскольда, Пикколо, Вербнае и отборные гибриды 86-55/53 (Белорусское малиновое × ВМ 41497), 99-4/32 (Jonafree × Утес), 99-5/32 (Relinda св. оп.), 86-54/137 (Антей × ВМ41497), 85-27/78 (Чараўніца св. оп.) собственной селекции, выделенные ранее за высокую адаптивность и наличие олигогенов устойчивости к парше. В результате проведенной гибридизации по 15 комбинациям скрещиваний в объеме 16 670 цветков было получено 1 100 плодов, из которых выделено 7 470 шт. семян (табл. 1).

Таблица 1. Результаты гибридизации 2006 г.

Комбинация скрещивания	Количество опыленных цветков, шт.	Получено плодов		Получено семян	
		шт.	%	шт.	%
99-4/32 × Елена	300	32	11	206	69
99-5/32 × Witos	275	6	2	31	11
(<i>M. sargentii</i> × Ренет Симиренко) × Вербнае	1420	57	4	40	3
86-54/137 × Вербнае	2000	5	0,3	3	0,2
(№ 2 Прима × 85-12/88) × Дьямент	510	98	19	649	127
Witos × Елена	2000	95	5	80	4
Отава × Вербнае	2060	23	1	105	5
Имант × 85-27/78	1680	190	11	703	42
(№ 2 Прима × 85-12/88) × Пикколо	500	139	28	758	152
86-55/53 × Redfree	1130	181	16	1260	112
(№ 2 Прима × 85-12/88) × Аскольда	315	49	16	334	106
Witos × Sir Prize	1420	65	5	65	5
Елена × Redfree	1030	182	18	2100	204
Елена × Sir Prize	855	614	19	1130	132
(<i>M. sargentii</i> × Ренет Симиренко) × Антей	1175	14	1	6	0,5
<i>Всего:</i>	16 670	1 100	7	7 470	45

С целью ускорения селекционного процесса семена высевали в январе в условиях культуральной комнаты, где создавали оптимальные условия для роста и развития растений, а также для создания искусственного инфекционного фона парши. Из высеянных 7 470 семян возшло только 1 072, всхожесть гибридных семян в среднем составила 15 % (табл. 2).

Таблица 2. Результаты отбора сеянцев яблони на ранней стадии развития онтогенеза по признаку устойчивости к парше в 2007 г.

Гибридная семья	Высеяно семян, шт.	Количество всходов		Брак		Количество растений в питомнике		Количество отборов в питомнике	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
99-4/32 × Елена	206	56	27	23	41	33	59	3	4
99-5/32 × Witos	31	17	55	10	59	7	41	2	3
(<i>M. sargentii</i> × Ренет Симиренко) × Вербнае	40	6	15	2	33	4	67	0	0
86-54/137 × Вербнае	3	3	100	1	33	2	67	0	0
(№ 2 Прима × 85-12/88) × Дьямент	649	91	14	33	36	58	64	9	12
Witos × Елена	80	13	16	6	46	7	54	0	0
Отава × Вербнае	105	69	66	36	52	33	48	3	4

Гибридная семья	Высеяно семян, шт.	Количество всходов		Брак		Количество растений в питомнике		Количество отборов в питомнике	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Имант × 27/78	703	278	40	148	53	130	47	17	22
(№ 2 Прима × 85-12/88) × Пикколо	758	197	35	103	52	94	48	12	16
86-55/53 × Redfree	1 260	218	17	113	52	105	48	29	38
(№ 2 Прима × 85-12/88) × Аскольда	334	116	35	69	59	47	41	2	3
Witos × Sir Prize	65	8	12	6	75	2	25	0	0
Елена × Redfree	2100	0	0	0	0	0	0	0	0
Елена × Sir Prize	1130	0	0	0	0	0	0	0	0
(<i>M. sargentii</i> × Ренет Симиренко) × Антей	6	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Всего:</i>	7 470	1 072	15	550	51	522	49	77	100

К сожалению, не было ни одного растения от 3 230 высеянных семян, полученных от гибридизации сорта Елена, используемого в качестве материнской исходной формы. Невысокой долей всходов характеризовались и комбинации скрещиваний (*M. sargentii* × Ренет Симиренко) × Вербнае – 15 %, (№ 2 Прима × 85-12/88) × Дьямент – 14 %, Witos × Елена – 16 %, 86-55/53 × Redfree – 17 %, Witos × Sir Prize – 12 %, что повлияло в итоге на выход гибридных растений. Трудности получения гибридных семян от скрещивания сортов раннего срока созревания обусловлены неполноценным формированием и вызреванием зародышей семян. В результате двукратного негативного отбора восприимчивых к парше гибридов было отбраковано 550 растений, или 51 % (табл. 2).

В результате отбора на искусственном фоне парши 522 гибридных сеянца были высажены в открытый грунт (питомник) в мае. Наибольшее количество из них составляли гибриды, полученные от скрещивания Имант × 85-27/78 – 130 растений, 86-55/53 × Redfree – 105, (№ 2 Прима × 85-12/88) × Пикколо – 94. Гибриды, полученные от гибридизации с участием сорта Witos (триплоидный сорт), оказались наименее жизнеспособными. В течение двух вегетационных сезонов проводили наблюдения по устойчивости к болезням. Отбор лучших гибридов по интенсивности развития растений, морфологическим признакам и устойчивости к болезням проводили на 2-й год жизни в 2008 г., которые были размножены окулировкой на подвое 62-396. Количество отобранных гибридов, сочетающих признаки культурности и устойчивости к парше, составило 77 шт. Высокой результативностью по выходу перспективных сеянцев характеризовались семьи: 86-55/53 × Redfree, из которой было отобрано 29 растений (38 %), Имант × 85-27/78 – 17 растений (22 %), (№ 2 Прима × 85-12/88) × Пикколо – 12 растений (16 %).

Дальнейшие их исследования проводили в саду первичного изучения посадки весной 2010 г. В процессе оценки хозяйственно-биологических признаков у отборов, производных от сортов разных сроков созревания: Елена, Redfree, Witos, Sir Prize, Дьямент, Отава, Имант, Аскольда, Пикколо, Вербнае, выделены источники, сочетающие в высшей степени выражения признаки – высокая устойчивость к болезням и высокое товарное качество плодов – 2007-18/29 (86-55/53 × Redfree); высокая устойчивость к болезням и высокая урожайность – 2007-18/19 (86-55/53 × Redfree), 2007-19/9 (Имант × 27/78), 2007-19/15 (Имант × 27/78).

По комплексу хозяйственно ценных признаков выделен в элиту гибрид среднего срока созревания 2007-17/31 (Отава × Вербнае), переданный в качестве нового сорта яблони под названием Крапач на государственное испытание Республики Беларусь в 2019 г. Авторы: З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, Т. А. Гашенко, Г. М. Марудо, В. В. Васеха (см. рисунок).

Морфологическое описание сорта. Дерево сорта Крапач обладает слабой силой роста (до 3 м) на карликовом подвое 62-396, относится к ветвистому типу. Преобладает раскидистая форма кроны, средней густоты, со смешанным типом плодоношения. Побег толстый, с междоузлиями средней длины, красновато-коричневой окраски. Листовая пластинка относительно побега направлена в сторону, средней длины и ширины, продолговато-овальной формы, со средней ин-

тенсивностью зеленой окраски, пильчато-городчатым краем. Черешок длинный, антоциановой окраски у основания.

Плоды привлекательного внешнего вида, с ярким размыто-красным румянцем, плоскоокруглой формы. Средняя масса плода – 168 г, максимальная – 205 г. Оржавленность вокруг чашечки плода отсутствует, подкожные точки среднего размера, длина плодоножки средняя. Чашечка



Плоды яблони сорта Крапач

большая, воронка средней глубины и ширины. Мякоть плода средней плотности, желтоватая, сочная, хрустящая, кисловато-сладкая. Семенные камеры полностью открыты. Срок потребления плодов – продолжительный, с сентября по январь.

Хозяйственно-биологическая характеристика. На протяжении изучаемого периода (2010–2018 гг.) метеорологические условия в целом способствовали хорошему росту и развитию растений. Наиболее неблагоприятной была зима 2011/2012 гг., когда повышенный температурный режим, сформировавшийся с конца осени и по 3-ю декаду января, не свойственный для данного периода, сменился в последствии резким понижением температуры, что отрицательно отразилось на дальнейшей перезимовке многих плодовых культур. Минимальная температура воздуха с 3 на 4 февраля составила $-29,7$ °С, а на поверхности почвы опускалась до $-37,4$ °С. Но у сорта Крапач в таких условиях плодовая древесина, кора, штамб не имели повреждений, как и у стандартного сорта Лучезарное, что соответствует степени зимостойкости в 9,0 балла (табл. 3).

Таблица 3. Основные хозяйственно-биологические показатели сортов Крапач и стандарта Лучезарное (2010–2018 гг.)

Показатель, единица измерения	Лучезарное (стандарт)	Крапач
Зимостойкость, балл	9	9
Устойчивость к парше, балл	7	9
Возраст вступления в пору плодоношения, год	3-й	2-й

Весенние погодные условия в вегетационные периоды 2012–2018 гг. характеризовались повышенным температурным режимом, на 3–6 °С выше нормы, что благоприятно отразилось на формировании цветков и завязи яблони. Период цветения, как правило, во 2-й декаде мая. Оценку полевой устойчивости к парше сорта Крапач проводили на естественном инфекционном фоне. Известно, что вредоносность парши яблони определяется погодными условиями в период вегетации. Летние отрезки вегетационных периодов 2010–2018 гг. характеризовались аномально частым выпадением большого количества осадков. Так, в 2012 г. наблюдалось обильное выпадение осадков в июне – до 285 % от нормы (80 мм), июле – до 94 % от нормы (27 мм). В мае 2013 г. на фоне повышенного температурного режима количество осадков составило 32,3–46,9 мм, что выше нормы на 90–98 %, а в 1-й декаде июня – 194 % от нормы (25 мм). Сложившиеся усло-

вия способствовали интенсивному вторичному заражению яблони конидиями возбудителя *V. inaequalis*. В результате наблюдений установлена высокая устойчивость растений сорта Крапач к парше: поражение листьев и плодов отсутствовало, что подтверждает сохранение степени устойчивости выделенного гибрида на искусственном инфекционном фоне. В это же время у стандартного сорта Лучезарное отмечено поражение до 1 % поверхности листьев, что соответствует степени устойчивости в 7 баллов (табл. 3).

Проведен молекулярно-генетический анализ с использованием ДНК-маркеров 6 генов устойчивости к парше у сорта Крапач. В результате ПЦР-идентификации выявлено наличие генов *Rvi11* и *Rvi6*. Следует отметить, что доминантный аллель гена *Rvi6* в данном сорте находится в гомозиготном состоянии.

Изучение показало, что сорт Крапач скороплодный, вступает в плодоношение на 2-й год после посадки в сад на клоновом подвое 62-396. Средний урожай с дерева за 2014–2018 гг. наблюдений составил 24,0 кг, средняя урожайность в пору полного плодоношения – 30,0 т/га при плотности 1666 дер/га, плодоношение регулярное.

Экономическая эффективность отражает основные хозяйственные показатели сорта: урожайность, скороплодность и стабильность плодоношения, качество получаемой продукции, способность к длительному хранению. Расчеты экономической эффективности проводили исходя из закупочных цен 2018 г. При одинаковой рыночной стоимости продукции возделывание его экономически выгодно, уровень рентабельности составляет 133 %, что выше стандартного сорта Лучезарное на 25 % (табл. 4).

Более высокая экономическая эффективность возделывания сорта Крапач в сравнении с районированным сортом Лучезарное определяется, прежде всего, более ранним сроком вступления в плодоношение деревьев и генетически обусловленной устойчивостью к парше, что в свою очередь влечет сокращение затрат на химические обработки яблоневых насаждений и снижает пестицидную нагрузку в садовом агроценозе.

Таблица 4. Товарные качества плодов и экономическая эффективность выращивания сорта яблони Крапач

Наименование показателя, единица измерения	Лучезарное (стандарт)	Крапач
Средняя урожайность, т/га	25,2	30,0
НСР _{0,05}	–	1,36
Товарность плодов, %	90	93
Прибыль, руб/га	9 160,0	11 160,0
Стоимость произведенной продукции, руб/га	17 640,0	19 530,0
Рентабельность, %	108	133
Срок хранения плодов, дни	60	60
Средняя масса плода, г	150	168
НСР _{0,05}	–	11,97
Дегустационная оценка свежих плодов, балл	4,2	4,5
Срок созревания	Средний	Средний

С помощью набора из 6 маркеров был составлен уникальный генетический паспорт для нового сорта яблони Крапач (табл. 5).

Таблица 5. Молекулярно-генетические паспорта сортов яблони Discovery и Крапач, полученные с использованием секвенатора Genome Lab GeXP Genetic Analysis System (Beckman Coulter)

Образец	Длина аллелей в SSR-локусах, п.н.					
	СН01с06	СН02с02б	СН02б12	СН04н02	СН03д12	СdSSR
Discovery	157, 169	75, 124	126, 139	175, 183, 194, 214	134, 145	181
Крапач	160	115, 125	138, 143	175, 196, 267	122, 146	175, 216

Представленная система регистрации генотипа в виде паспорта отражает состав аллелей в локусах микросателлитных последовательностей.

ВЫВОДЫ

1. Результатом новой селекционной методологии является создание сорта яблони Крапач в течение 13 лет от гибридизации до передачи в ГСИ Республики Беларусь (2006–2018 гг.).

2. Новый сорт яблони Крапач (элитный отбор 2007-17/31) получен от скрещивания сортов Otava × Вербнае, обладает комплексом хозяйственно ценных признаков и превосходит лучший отечественный аналог – сорт Лучезарное по зимостойкости, устойчивости к болезням, скороплодности, стабильно высокой урожайности в сочетании с высоким качеством плодов и привлекательным внешним видом. Возделывание его экономически выгодно, уровень рентабельности составляет 133 %, что превышает стандартный сорт Лучезарное на 25 %.

3. Молекулярно-генетический анализ с использованием ДНК-маркеров генов устойчивости яблони к парше выявил наличие генов *Rvi11* и *Rvi6*, при этом доминантный аллель гена *Rvi6* в новом сорте яблони находится в гомозиготном состоянии.

4. Для нового сорта яблони Крапач составлен уникальный генетический паспорт с использованием 6 SSR-маркеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный реестр сортов / под ред. В. А. Бейня. – Минск, 2019. – 272 с.
2. Козловская, З. А. Научные основы селекции яблони для интенсивных садов Беларуси : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.05 / З. А. Козловская ; БГСХА. – Горки, 2006. – 40 с.
3. Козловская, З. А. Селекция яблони в Беларуси / З. А. Козловская. – Минск : Беларуская навука, 2015. – 457 с.
4. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская [и др.]; под общ. ред. З. А. Козловской ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т плодоводства. – Минск : Беларуская навука, 2019. – 249 с.
5. Urbanovich, O. Identification of scab resistance genes in apple trees by molecular markers / O. Urbanovich, Z. Kazlouskaya // *Sodininkyste ir darzininkuste*. – Lithuania, 2008. – V. 27. – № 2. – P. 347–357.
6. Эффективность приемов ускорения селекционного процесса яблони в Беларуси / З. А. Козловская [и др.] // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / ФГБНУ ВСТИСП ; редкол.: И. М. Куликов [и др.]. – М., 2018. – Т. 53. – С. 9–13.
7. MAS-метод в создании новых сортов яблони в Беларуси / З. А. Козловская [и др.] // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / ФГБНУ ВСТИСП ; редкол.: И. М. Куликов [и др.]. – М., 2018. – Т. 52. – С. 16–20.
8. Аллельный состав гена *Md-Exp7* в геноме сортов яблони с различным сроком хранения плодов / О. Ю. Урбанович [и др.] // Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы : материалы междунар. науч. конф., Минск, 8–11 окт. 2012 г. / ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» ; редкол.: А. В. Кильчевский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – С. 108.
9. Молекулярные методы в селекции яблони на устойчивость к красногалловой яблонной тле / О. Ю. Урбанович [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – № 5. – С. 54–60.
10. Генетические основы селекции растений // Молекулярные маркеры в селекции яблони на устойчивость к болезням / О. Ю. Урбанович [и др.] ; ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» ; под науч. ред. А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой. – Минск, 2014. – Т. 4. – Гл. 14. – С. 407–429.
11. Козловская, З. А. Результативность использования сорта Чаравница – источника гена устойчивости к парше *Rvi17* / З. А. Козловская, В. В. Васеха, О. Ю. Урбанович // Теоретические и прикладные аспекты современной фитопатологии и иммунитета растений : материалы междунар. науч.-практ. конф., Самохваловичи, 13–15 июля 2011 г. / НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2011. – С. 53.
12. Козловская, З. А. Состав и использование коллекции яблони в Беларуси / З. А. Козловская // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции / ВНИИР им. Н. И. Вавилова РАСХН ; редкол.: Н. И. Дзюбенко (гл. ред.) [и др.]. – СПб., 2015. – Т. 176. – Вып. 1. – С. 47–58.
13. Методические рекомендации по идентификации и паспортизации сортов яблони и груши на основе ДНК-маркеров / О. Ю. Урбанович, З. А. Козловская, Н. А. Картель. – Минск : Право и экономика, 2011. – 31 с.
14. Методические рекомендации по идентификации на основе ДНК-маркеров генов устойчивости к парше яблони / О. Ю. Урбанович, З. А. Козловская, Н. А. Картель. – Минск : Право и экономика, 2011. – 32 с.
15. Урбанович О. Ю. Паспортизация сортов яблони на основе SSR-маркеров / О. Ю. Урбанович, З. А. Козловская, Н. А. Картель // Доклады НАН Беларуси. – 2008. – Т. 52. – № 5. – С. 72–78.
16. Creating a saturated reference map for the apple (*Malus domestica* Borkh.) genome / R. Liebhard [et al.] // *Theor. Appl. Genet.* – 2003. – Vol. 106. – P. 1497–1508.
17. Development and characterization of 140 new microsatellites in apple (*Malus domestica* Borkh.) / R. Liebhard [et al.] // *Molecular Breeding*. – 2002. – Vol. 10. – P. 217–241.

APPLE CULTIVAR 'KRAPACH' – THE RESULT OF A NEW BREEDING METHODOLOGY

Z. A. KAZLOUSKAYA, S. A. YARMOLICH, T. A. HASHENKA, H.M. MARUDA,
V. V. VASEKHA, J. G. KANDRATSENAK

Summary

The article gives the history of creation and a complete description of apple cultivar 'Krapach' according to morphological and economic-biological characteristics. This dessert cultivar was obtained from targeted hybridization of cultivars 'Otava' (cultivar of Czech breeding) and 'Verbnaye' (cultivar of Belarusian breeding) using the new breeding methodology. The analysis of genetic polymorphism of genome of cv. 'Krapach' and its assessment using molecular markers was carried out, the presence of scab resistance genes *Rvi11* and *Rvi6* was detected, the composition of alleles was determined, and DNA passport was made.

'Krapach' is early maturing cultivar. It comes into commercial fruiting in 2nd year after planting in orchard. Average yield from a tree on rootstock 62-396 for 2014–2018 years of observations was 24.0 kg. The average yield of the cultivar in time of full fruiting is 30.0 t/ha at density of 1666 tree/ha. Fruiting is regular. The cultivar is characterized by high winter hardiness, high resistance to diseases, during the years of the epiphytotic development of scab (2012–2018), no lesions of scab on leaves and fruits were noted. 'Krapach' is superior to the best domestic equivalent (cultivar Luchezarnoye of medium-term ripening) in winter hardiness, disease resistance, early maturity, consistently high yield. Moreover, cv. 'Krapach' has high quality fruits with attractive appearance.

Keywords: apple, breeding, hybridization, cultivar, molecular markers, DNA passport, fruit quality, Belarus.

Поступила в редакцию 17.04.2020 г.