

УДК 634.711:631.527:577.21(048.8)
<https://doi.org/10.47612/0134-9759-2021-33-211-226>

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ МАЛИНЫ

Л. В. ФРОЛОВА, Т. А. ГАШЕНКО, О. А. ГАШЕНКО

*РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by*

АННОТАЦИЯ

Одна из приоритетных задач в селекции малины – повышение экологической адаптации сортов к отрицательным биотическим и абиотическим факторам конкретного региона выращивания. Общие задачи для всех районов возделывания малины – выведение высокопродуктивных сортов, пригодных для механизированного возделывания и имеющих высокие товарные, вкусовые и технологические качества ягод.

Современный селекционный процесс характеризуется значительным повышением интенсивности отбора и ускорением селекционного процесса. Весьма обнадеживают биотехнологические методы клонального микроразмножения ценных генотипов, а также применение ПЦР для проведения генетического анализа и паспортизации селекционного материала. Научная интеграция позволяет ускорить селекционный процесс. Этому способствует создание современных селекционно-питомниководческих центров, где проводятся совместные исследования селекционеров, генетиков, биотехнологов, физиологов, вирусологов и питомниководов.

Ключевые слова: малина, селекция, гибриды, сорта, ПЦР, *in vitro*, страны мира, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Малина – одна из наиболее ценных и востребованных ягодных культур. Ее плоды обладают уникальными питательными и лечебными свойствами, и не случайно современная медицина считает их эликсиром здоровья и творческого долголетия человека. Малина – влаголюбивая культура умеренных широт. Она болезненно реагирует на повышенный температурный режим и дефицит почвенной и воздушной влаги, из-за чего снижаются урожайность, масса плодов и их качество [1].

Малина – одна из экономически целесообразных ягодных культур. Промышленное выращивание малины активно расширяется по всему миру, особенно в странах, где дешевую рабочую силу можно использовать для ручной уборки урожая. Так, если к началу XXI в. в мире выращивалось около 300 тыс. т плодов малины в год, то в 2004 г. было получено свыше 450 тыс. т, а в 2007 г. – более 600 тыс. т. За полтора десятка лет рост производства составил 100 %. По последним данным ФАО, площадь плодовых насаждений малины в мире составляет 118 219 га, из них на долю России приходится 20 185 га, Сербии – 21 861 га, Польши – 29 317 га, США – 8722 га, Мексики – 6390 га. Производство ягод малины в мире стремительно растет, за последние десять лет оно увеличилось на 35 %: с 516 374 т до 812 735 т. Значительная доля объема производства плодов малины сосредоточена в Европе, Северной Америке. Лидирующие места занимают Россия – 146 377 т, Мексика – 120 184 т, Сербия – 109 742 т, США – 106 100 т, Польша – 104 482 т [2].

Во всех категориях хозяйств Республики Беларусь под малиной занято около 10 % ягодных насаждений. Благодаря реализации Государственной комплексной программы развития картофелеводства, овощеводства и плодоводства в 2011–2015 гг. площади под закладку производственных насаждений малины были увеличены на 400 га. Сейчас малина является четвертой ягодной культурой по распространению после смородины черной, земляники садовой и голубики [3]. В настоящее время большую популярность приобретают ремонтантные сорта малины, плодоносящие на однолетних побегах, возделывание которых низкзатратно и позволяет ежегодно получать высокие стабильные урожаи экологически чистой продукции во внесезонное для данной ягодной культуры время.

1. История селекционной работы с малиной

Селекционный процесс – это непрерывный процесс формирования сортимента культуры, отвечающего требованиям производства, запросам потребителя и перерабатывающей промышленности на конкретном этапе развития [4]. Это прослеживается в истории селекционной работы с малиной.

Малина была известна у древних римлян еще в III в. до н. э. В IV в. она уже культивировалась как садовое растение. Сведения о сортах малины впервые появились в начале XIX в. [5]. В тот период сортимент был беден и включал небольшое количество сортов, полученных отдельными любителями [6].

Начало научной селекции было положено в XX в. В середине XX в. основные насаждения малины были сосредоточены в небольших хозяйствах разной формы собственности, где получали до 70–90 % ягодной продукции. Отбор лучших образцов малины в процессе селекции производился в направлении повышения зимостойкости и продуктивности.

В Институте садоводства Национальной академии аграрных наук Украины были созданы сорта Персея, Саня, Новокитаевская. Значительный вклад в селекцию малины внесла И. В. Минаина в Научно-исследовательском институте садоводства и лекарственных растений «Жигулевские Сады»: сорта Надежда, Ранний сюрприз, Самарская плотная, Студенческая, Ранняя заря [7, 8]. На ФГУП «Новосибирская зональная станция садоводства Россельхозакадемии» группой селекционеров выделены четыре сорта малины летнего срока созревания (Арочная, Бердская, Прелесь, Приобская), которые внесены в Госреестр и отличаются высокой зимостойкостью и продуктивностью. В ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина» селекционерами Т. В. Жидёхиной и Л. Л. Труниным выведены три зимостойких и жароустойчивых сорта: Клеопатра, Суламифь, Шахразада. В ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» селекционеры И. И. Богданова, Е. Ю. Невоструева, Г. В. Андреева, Л. И. Чистякова приоритетом своей селекции определили получение сортов с высокой продуктивностью и зимостойкостью. В результате выведены десять сортов малины (Антарес, Алая россыпь, Бархатная, Ванда, Высокая, Лель, Муза, Ровница, Челябинская крупноплодная, Фрегат).

Повсеместное распространение промышленной культуры малины диктовало необходимость нового направления селекции: увеличение массы плода, улучшение вкусовых качеств и привлекательности их внешнего вида. В Западной Европе много внимания уделялось также бесшипности побегов. В Шотландском научно-исследовательском институте сельскохозяйственных культур (Институт Джеймса Хаттона, Инвергоуэри, Великобритания) созданы сорта малины серии Glen. Первый представленный сорт этой серии – Glen Clova (1969). В 1981 г. были получены сорта Glen Moy и Glen Prosen, которые отличались крупным размером плодов, отсутствием шипов и хорошими десертными качествами. До настоящего времени самым востребованным из созданных сортов летнего срока созревания был Glen Ample, полученный в 1996 г. Он является стандартом на европейском оптовом рынке малины. Сорт пригоден как для переработки, так и для рынка свежих ягод. Позднее были созданы промышленные сорта, из которых Glen Fyne хорошо подходит для механизированного сбора ягод, Glen Ericht проявляет высокую полевую устойчивость к фитофторе, Glen Dee и Glen Carron отличаются крупными плодами и длительным сроком хранения.

В Национальном институте сельскохозяйственной ботаники (бывшая Ист-Моллингская опытная станция, Англия) селекция малины ведется с 1950 г. В тот период были созданы сорта Malling Promise, Malling Exploit и очень популярный сорт Malling Jewel. Позже был создан сорт Octavia, который имеет более поздние сроки созревания, что сокращает разрыв между ранним и поздним сбором урожая в Великобритании, в частности в Шотландии.

Впервые в России в результате совместной работы В. В. Кичины (ВСТИСП, Россия) и Д. Дженнингса (Ист-Моллингская исследовательская станция, Англия) были выделены следующие крупноплодные сорта малины (10–12 г): Патриция, Таруса, Изобильная, Анфиса, Гордость России, Арбат, Желтый Гигант. Под руководством профессора В. В. Кичины созданы штамбовые формы малины (сорт Таруса) с пряморослыми, твердыми, жесткими побегами, во многом непохожими на традиционный тип побегов малины [9].

Первые сорта малины канадской селекции (AAFC), такие как Haida, Chilcotin, Skeena и Nootka, имеют высококачественные плоды, стабильную и хорошую урожайность. В 1989 г. был создан сорт малины Chilliwack, ставший одним из самых востребованных сортов в мире. В настоящее время он возделывается в различных климатических зонах и считается эталоном ягод

на рынке свежей продукции. Сорты более поздней селекции Esquimalt, Chemainus, Cowichan, Saanich, Nanoose, Ukee и Rudi активно выращиваются в Северной Америке и проходят испытания в Европе.

Селекционная работа по малине в Беларуси начата в 1962 г. В результате выведено пять сортов летнего срока созревания, отличающихся высокой урожайностью (до 13,3 т/га) и крупными плодами (3,5–3,9 г): красноплодные Аленушка, Росинка, Двойная, Услава и сорт с желтыми плодами Мядовая.

В XXI в. появление ягодоуборочных комбайнов повысило требования к сортам, выращиваемым в промышленных насаждениях. Современное поколение сортов должно быть пригодно для возделывания по интенсивным технологиям, которые предусматривают механизацию всего технологического процесса выращивания, включая комбайновый сбор урожая. Отбор сортов и гибридов по комплексу признаков, определяющих пригодность к механизированной уборке урожая (габитус куста, высота растений, плотность ягод и др.), стал одной из основных задач селекции и сортоизучения малины.

В США программы по селекции малины в Университете штата Вашингтон (WSU; Puyallup, WA) и ARS USDA в Орегоне (USDA-ARS; Corvallis) тесно сотрудничают со многими странами, включая Канаду, Новую Зеландию и Великобританию. Эти селекционные программы имеют основное направление на создание сортов малины, пригодных только для механизированного возделывания. Сорт Meeker, полученный при участии селекционной программы WSU, хорошо подходит для этих целей, но он чувствителен к вирусу карликовой кустистости (RBDV) и корневым гнилям. Несмотря на большие селекционные достижения, полученные в последние годы, сорт Meeker по-прежнему является основным сортом для коммерческого производства в Северной Америке. В результате селекции WSU создано несколько промышленных высокоурожайных сортов: Willamette и Canby, Coho. В настоящее время в США широко возделывается современный промышленный сорт Lewis, адаптированный к северо-западному побережью Тихого океана и к центральному и южному регионам Новой Зеландии. Позднее были созданы сорта Summit, Amity, Vintage и Kokanee, что позволило расширить рынок свежей ягодной продукции.

Вместе с тем меняющиеся погодно-климатические условия, быстрая эволюция болезней и вредителей, современные требования производителей и потребителей ставят всё новые и новые задачи перед селекционерами. Необходимо создание сортов, устойчивых к фитопатогенному комплексу и адаптированных к неблагоприятным условиям окружающей среды. Зачастую для решения вновь возникающих проблем приходится искать новые генетические источники среди диких видов или создавать из уже имеющихся форм. Рядом исследователей ближнего и дальнего зарубежья подтверждено независимое наследование основных хозяйственно ценных признаков между собой и доказана реальная возможность совмещения их оптимального уровня в одном генотипе. В разных регионах существует множество сортов, обладающих данными показателями.

В южной части США селекционная программа Университета штата Северная Каролина координирует свои усилия на создание жароустойчивых сортов малины. Mandarin был первым сортом малины, полученным на основе жаростойкого азиатского вида малины *Rubus parvifolius*, который адаптирован к засушливым и влажным условиям среды [10]. В США много внимания уделяется селекции малины черной на основе вида *Rubus occidentalis* L., который широко распространен на континенте в диком виде. В Калифорнии, Вашингтоне и Орегоне уже продолжительное время имеют широкое распространение новые сорта (Cascade Delight, Cascade Bounty и Cascade Harvest) ввиду высокой устойчивости данных растений к корневым гнилям. Эти сорта имеют большую востребованность среди большинства фермеров США [10–12].

Большинство стандартных сортов малины России имеют урожайность до 10 т/га (обычно 3–6 т/га) при средней массе ягоды 2,0–3,5 г, а лучшие – до 12–15 т/га при максимальном размере ягод 4–5 г. В научных учреждениях этой страны имеются отдельные формы (элиты, отборы) с массой ягоды 4–6 г и более и максимальной урожайностью до 15 т/га.

В западной Сибири селекцией малины занимается Отдел «НИИСС им. М. А. Лисавенко ФГБНУ ФАНЦА», в прошлом – НИИСС им. М. А. Лисавенко. Авторами М. А. Лисавенко, Н. И. Крав-

цевой, Н. М. Павловой, Ф. Т. Шейн, В. М. Зерюковым, И. В. Анисовой, И. П. Калининой, В. А. Соколовой создано 12 сортов малины красной (Акварель, Барнаульская, Блеск, Блестящая, Вера, Добрая, За здоровье, Зоренька Алтая, Колокольчик, Кредо, Рубиновая, Уголек), которые включены в Госреестр. На данный момент селекционную работу продолжает Н. Д. Яговцева. Основной целью селекции является создание сортов, превосходящих контрольный сорт по массе ягод (2–3 г), урожайности, устойчивости к дидимелле, серой гнили ягод, малинному комарику, обыкновенному и паутиному клещам, с эластичными побегами, с дружным созреванием ягод.

Во ВНИИСПК (бывшая Орловская зональная плодово-ягодная опытная станция, г. Орел) в период с 1978 по 1987 г. под руководством Т. П. Огольцовой проводилось сортоизучение малины. С 1995 г. данное направление возглавила кандидат сельскохозяйственных наук Л. А. Грюнер. С 1999 г. работа продолжена кандидатом сельскохозяйственных наук Н. И. Богомоловой. В настоящее время генетическая коллекция ВНИИСПК насчитывает 40 сортов, 160 отборных сеянцев, 19 элитных форм малины. Актуальным направлением селекции является создание высокоурожайных и адаптивных сортов к биотическим и абиотическим факторам внешней среды с возможностью механизированной уборки урожая, с высокими вкусовыми и товарными качествами ягод [13].

В селекции малины разработано принципиально новое направление – создание сортов ремонтантного типа, плодоносящих на однолетних побегах в конце лета – начале осени [14, 15]. Работа в данном направлении развивалась параллельно в разных регионах.

В Англии созданный сорт Autumn Bliss (1977) был очень востребован при возделывании малины ремонтантной в мире, что способствовало широкому использованию этой культуры по всему миру и активному продвижению во многие европейские страны. Сорт малины Autumn Treasure был получен позже и являлся хорошим источником устойчивости растений к фитопфтору с богатым биохимическим качеством плодов.

В России на Кокинском опорном пункте Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства в Брянской области долгое время селекционерам не удавалось получить ранозревающие формы малины ремонтантной. Многочисленные скрещивания в пределах вида *Rubus idaeus* L. не увенчались успехом. При включении в гибридизацию с малиной красной геноплазмы малины черной (*R. occidentalis* L.), боярышничколистной (*Rubus crataegifolius* L.), душистой (*Rubus odoratus* L.), замечательной (*Rubus spectabilis* L.) и поленики (*Rubus arcticus* L.) в четырех-пяти генерациях получилось выделить ремонтантные генотипы, совмещающие относительно раннее созревание урожая (конец августа – начало сентября) с обширной зоной осеннего плодоношения и другими хозяйственно ценными признаками [16]. Под научным руководством академика И. В. Казакова созданы российские сорта малины ремонтантного типа, из которых 19 включены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию, остальные проходят государственное и производственное испытание. Первым был получен сорт Бабье лето (1979). В 2017 г. были допущены к использованию самые современные сорта Подарок Кашину, Поклон Казакову [17].

В Польше были созданы основные ремонтантные сорта раннего срока созревания Polana (1991) и Polka (1999), широко используемые при промышленном возделывании, а также в качестве родительских форм в селекции [18]. При реализации селекционной программы селекционером А. Ожел в компании Niwa в 2015–2019 гг. были получены новые высокоурожайные ремонтантные сорта малины, пригодные для механизированной уборки: Polonez, Poemat и Delniwa [19]. Много внимания уделяется также селекции малины черной, в изучении уже имеются отборы ремонтантного типа.

В Украине под руководством П. З. Шеренгового получены ремонтантные сорта малины Осіння и Осінне Сяйво. Селекционером В. Н. Дмитриевым в питомнике «Брусвяна» выведены сорта ремонтантного типа: Брусвяна (2008), позже – Брусилловская, Брусилловский стандарт, Примара, Ярославна.

В Республике Беларусь выращивание малины с использованием ремонтантных сортов также приобретает большую популярность за счет более простого и дешевого способа ее возделывания. В 2020 г. в систему Государственного сортоиспытания передан первый белорусский сорт

малины ремонтантной Вераснёвая. В 2021 г. в Государственный реестр сортов Республики Беларусь включено всего 12 сортов малины летнего срока созревания, 11 – малины ремонтантной, один – малины черной, среди которых четыре сорта летнего срока созревания отечественной селекции [20]. Таким образом, важно продолжать селекцию новых высокопродуктивных сортов малины разного срока созревания, пригодных как для промышленного, так и для приусадебного возделывания и адаптированных к погодно-климатическим условиям Беларуси.

Следует отметить, что основные цели и задачи селекционных программ малины летнего срока созревания и ремонтантного типа имеют много общего. Приоритет направлений в пределах программы селекции тесно связан с природно-климатическими условиями предполагаемого ареала возделывания сорта, применяемыми технологиями возделывания, характером и традициями местного рынка сбыта, распространенностью и вредоносностью отдельных вредителей и болезней. Основные направления селекции малины ремонтантной – это получение сортов с коротким периодом плодоношения, с богатым биохимическим составом плодов высоких десертных качеств, с высокой степенью устойчивости к антракнозу, септориозу, к вирусу карликовой кустистости и корневым гнилям [5].

В промышленном ягодоводстве нужны высокотехнологичные сорта, пригодные к ресурсосберегающим, механизированным технологиям возделывания, включая уборку урожая. Ключевыми признаками плодов для механизированной уборки являются:

повышенная прочность ягод (7–9 Н), позволяющая переносить без повреждений уборку, очистку и сортировку;

легкое и одновременное отделение соединительных тканей костянок от цветоложа на соответствующей стадии зрелости плодов;

продолжительное хранение зрелых плодов на цветоложе без потери потребительских качеств; дружное созревание урожая.

При этом кусты должны иметь следующие параметры:

мощный вертикальный рост побегов;

пряморослый, компактный габитус куста;

умеренное количество стеблей на погонный метр, чтобы создать сплошную плодоносящую стену, но без чрезмерного загущения;

сдержанный рост однолетних побегов в первую половину вегетации (для сортов, плодоносящих на двухлетних стеблях);

бесшипные побеги для предотвращения травмирования плодов и побегов;

гибкие и эластичные плодовые веточки с сильным креплением, угол отхождения 45–95° от вертикали, средней длиной (15–20 см);

умеренную облиственность стеблей.

Для большинства регионов селекция на адаптацию предполагает отбор на высокую зимостойкость, жаро- и засухоустойчивость, устойчивость к болезням и вредителям, короткий период вегетации и сжатый срок плодоношения (для ремонтантных сортов). При этом приоритетное значение имеет устойчивость малины к вирусным болезням, из которых наиболее вредоносными являются кустистая карликовость малины (RBDV), черная кольцевая пятнистость томата (TBRV), латентная кольцевая пятнистость земляники (SLRSV), мозаика резухи (ArMV), кольцевая пятнистость малины (RpRSV), израстание.

В связи с разработкой новых технологий возделывания появляются и новые запросы к селекции. Так, в европейских странах малину стали активно выращивать в тоннелях и теплицах, где можно контролировать все факторы окружающей среды. Селекционерам уже нужно вести работу по созданию сортов, пригодных для возделывания в защищенном грунте. При этом особое внимание необходимо обратить на устойчивость к перегреву, отзывчивость на подкормки, устойчивость к паутинному клещу (*Tetranychus urticae* Koch.) и настоящей мучнистой росе (*Sphaerotheca macularis*).

2. Источники основных хозяйственно ценных признаков для селекции малины ремонтантной

Успех любой селекционной работы во многом определяется разнообразием исходного материала, изученностью его генетического состава, удачным подбором родительских пар. Еще в 1934 г. академик Н. И. Вавилов отмечал: «Учение об исходном материале, о происхождении культурных растений должно быть поставлено в основу селекции как науки» [21]. Последние десятилетия отмечены значительными достижениями отечественной селекции в создании новых сортов ягодных культур. Селекционерами проведена большая работа по качественному улучшению исходного материала, созданию комплексных доноров хозяйственно ценных признаков и их совмещению с высоким уровнем адаптации. Так, в Беларуси в качестве исходного материала для успешной селекционной работы из генофонда малины разного срока созревания, насчитывающего 95 образцов, полученных с участием *R. idaeus* L., *R. occidentalis* L., *R. odoratus* L. и др., выделено восемь сортов (Бальзам, Бригантина, Брянское диво, Геракл, Улада, Polana, Polka, Zeva Herbsternte) и один гибрид отечественной селекции (07-01-09), обладающие необходимыми параметрами для механизированной уборки (компактный куст высотой до 2 м с шириной основания 30–40 см, с плотными ягодами). В качестве источников продуктивности выделено шесть сортов (Атлант, Колдунья, Нижегородец, Самородок, Снежить, Sugana) и один ремонтантный гибрид отечественной селекции (02-03-10), обладающие высокими показателями компонентов продуктивности (количество побегов – 6–11 шт/куст, латералов на побеге – 6–8 шт., ягод на латерале – 4–6 шт., средняя масса ягоды – 3,9–5,3 г, реализация потенциала продуктивности – 75–100 %) [22]. Использование этих родительских форм в селекционном процессе уже позволило создать крупные гибридные фонды, представляющие ценный материал для отбора [23–26].

Выявлены определенные закономерности между различными фенотипическими и морфометрическими признаками растений, что представляет интерес с точки зрения их связи с последующими изменениями в росте и развитии, вызванными и антропогенным воздействием. Актуально использование компьютерных технологий обработки изображений в методике проведения оценки корреляций между морфометрическими признаками листовых пластин различных сортов ягодных культур, в том числе малины [27].

2.1. Продуктивность

Наиболее ярким и существенным показателем высокой адаптации сорта в конечном итоге является его продуктивность. Установлено, что вклад сорта в повышение величины и качества урожая может достигать 50–80 % и что роль генетико-селекционных технологий будет непрерывно возрастать. Степень проявления отдельных компонентов продуктивности в значительной мере определяется физиологическими реакциями в соответствии с генотипом растения и косвенно обусловлена тесным взаимодействием его с агроклиматическими условиями [4]. Современные распространенные сорта малины ремонтантной селекции академика И. В. Казакова (Атлант, Брянское диво, Геракл, Жар-птица, Золотая осень и др.), а также зарубежные сорта (Autumn Bliss, Himbo-Top, Polka, Polana и др.) формируют плодовые веточки на большей части стебля, при этом их урожайность превышает 10 т/га. Они имеют плоды средней массой по всем сборам 4,0–5,0 г и максимальной – до 8,0–10,0 г. Большинство сортов образует на стебле 70–100 шт. генеративных органов, а среди исходных родительских форм нередко встречаются генотипы, у которых на побеге насчитывается свыше 200 шт. цветков, бутонов и плодов [28]. Количество побегов на куст или на погонный метр имеет сильную модификационную изменчивость и существенно зависит от плодородия почв, их механического состава, обеспеченности элементами питания и водой. Вместе с тем этот компонент продуктивности обусловлен генотипически. В одинаковых условиях ряд крупноплодных ремонтантных форм сложного межвидового происхождения формирует два-три побега замещения на куст и совсем не образует корневую поросль, а другие генотипы, наоборот, отличаются избыточным побегообразованием (12–15 шт/куст).

Среди исходных ремонтантных сортов и форм малины высоким потенциалом нагрузки стебля генеративными образованиями обладают сорта Бабье лето, Брянское Диво, Элегантная, Подарок Кашину и формы 9-113-1, 37-143-3, 3-117-1; крупноплодностью – сорта Атлант, Оранжевое чудо, Брянское диво, Поклон Казакову, Медвежонок, Подарок Кашину и отборы 29-101-20, 3-59-30, 44-154-2, 7-42-3, 9-113-1 [29–31].

2.2. Компактность куста

Надежными, проверенными донорами компактности куста являются ремонтантные сорта Атлант, Евразия, Пингвин, Снежеть, Heritage, Autumn Bliss, Poranna Rosa, Lyulin, отборы 1-16-11, 3-238-10, 44-154-2, 3-09-1. В гибридном потомстве этих родительских форм выщепляется от 7 до 21 % сеянцев с невысокими компактными кустами сжатого типа, с пряморослыми побегами и прочно прикрепленными плодовыми веточками. Генетическими источниками штамбового типа куста могут служить сорта В. В. Кичины: Таруса, Штамбовый 1, Крепыш. От их скрещивания с ремонтантными сортами в F₂ выделяются единичные штамбовые формы с небольшой зоной осеннего плодоношения. Дополнительными источниками самоподдерживающего габитуса куста малины служат формы дикорастущих видов *Rubus sculosus* Focke, *Rubus innominatus* S. Moore, *Rubus spectabilis* Pursh, *Rubus chingii* Hu, *Rubus crataegifolius* Bge., *Rubus niveus* unb. Syn.

2.3. Бесшипность

До недавнего времени селекция на бесшипность побегов не входила в число приоритетных направлений. Однако шипы усложняют уход за насаждениями, мешают ручному сбору урожая, травмируют плоды при стряхивании комбайном. Таким образом, отсутствие шипов и пряморослость побегов – это комплекс признаков сортов малины, пригодных для механизированной уборки урожая.

Донорами бесшипности с ремонтантным типом плодоношения являются сорта Joan J, Joan Squire, Motueka, Nimbo Top и отборы 13-118-1, 9-155-1, 9-77-10. Кроме того, генетически бесшипные формы можно получать и при скрещивании двух шиповатых родителей, имеющих ген *s* в гетерозиготном состоянии (*Ss*×*Ss*). Так, сорта Атлант, Элегантная, Брянское диво, Полька, Золотая осень, Карамелька и отборные формы 3-117-1, 7-42-5 имеют ген *s* в гетерозиготном состоянии: при соответствующем подборе второго родителя их можно использовать для получения бесшипных сеянцев.

2.4. Качество ягод

Селекция на высокие качества плодов малины ведется по нескольким направлениям: на улучшение привлекательности внешнего вида, на высокие вкусовые качества, повышенное содержание биологически активных веществ, высокую транспортабельность, длительное сохранение товарных свойств после уборки.

Плотность – одно из важнейших условий сохранения товарных качеств ягод при съеме, транспортировке на длительное расстояние и технической переработке. Плоды с низкой прочностью после съема быстро теряют товарный вид. Более того, рядом исследователей установлена тесная корреляция между прочностью ягод и восприимчивостью их к серой гнили [32]. Повышенная устойчивость плодов к загниванию позволяет сократить число сборов урожая за счет допустимого перезревания ягод без ухудшения их качества. Таким образом, селекционеры рассматривают повышенную прочность плодов малины как очень важный признак, позволяющий решить сразу несколько задач. Лучшими генетическими источниками относительно высокой прочности плодов (усилие на раздавливание 650–750 г) являются сорта Атлант, Брянское диво, Брусвяна, Жар-птица, Евразия, Пингвин, Карамелька, Самородок, Подарок Кашину, Kwanza, Heritage. При этом резко увеличиваются затраты на оплату труда, так как большинство операций производится вручную. Повысить экономический эффект при выращивании этой культуры можно путем максимальной замены ручных операций механизированными, включая уборку урожая, ведь на нее приходится до 70 % всех затрат [32].

У ряда сортов малины ремонтантной наблюдается плохой отрыв от плодоложа, что приводит к нарушению целостности плодов. Легкое и одновременное отделение соединительных тканей костянок от цветоложа на соответствующей стадии зрелости плодов, а также короткое, гладкое, конусообразное цветоложе присущи сортам Атлант, Бабье лето – 2, Евразия, Геракл, Жар-птица, Пингвин, Поклон Казакову, Polka, Polana, Driscoll's Maravilla и др.

Важным технологическим свойством промышленных сортов является способность плодов не тускнеть и храниться в супермаркете до 7–10 сут без потери качества. Генетическими источниками этого признака являются сорта Атлант, Евразия, Карамелька, Driscoll's Maravilla, Heritage, Polka, Kwanza. В Новой Зеландии источниками устойчивости к мокрой грибной гнили плодов и увеличения срока хранения были признаны производные от *Rubus pileatus* и генетическая устойчивость сорта Vene.

3. Применение методов *in vitro*

Многие гибридные формы малины, полученные с использованием меж- и внутривидовой гибридизации, имеют низкие коэффициенты размножения в полевых условиях из-за слабого побегообразования [33–40]. Это связано с изменением гормонального статуса в ходе селекции на ремонтантность и другие показатели, что в первую очередь повлияло на процессы формирования и развития адвентивных почек [41]. Данная биологическая особенность малины ремонтантной увеличивает период полевого размножения и, следовательно, значительно замедляет процесс перехода элитных форм к сортоиспытанию [40, 42].

Решить проблему ускоренного размножения ценного селекционного материала стало возможным благодаря применению метода клонального микроразмножения. Размножение растений *in vitro* (клональное микроразмножение) дает ряд преимуществ перед традиционными способами вегетативного размножения: получение генетически однородного посадочного материала; высокий коэффициент размножения; освобождение растений от вирусных, грибных и бактериальных заболеваний; быстрое тиражирование ценных клонов растений, трудно размножаемых в обычных условиях; возможность проведения работы в течение круглого года [43, 44].

Перспективность использования данного метода обусловлена возможностью работать в контролируемых условиях в течение всего года и получать необходимое количество посадочного материала к определенному сроку, что особенно актуально при размножении нового селекционного материала. В результате сокращаются сроки между получением новых форм (сортов) и их реализацией [36–38, 40, 45–51].

Технологию клонального микроразмножения принято разделять на четыре основных этапа: инициация экспланта в культуру *in vitro*; пролиферация, когда достигается получение максимального количества меристематических клонов; индукция ризогенеза – укоренение размножаемых побегов *in vitro*; адаптация укоренившихся побегов к нестерильным условиям. Начиная с этапа ввода эксплантов в культуру *in vitro* существует проблема специфичности морфо- и органогенетической реакции сортов растений на активность ростовых веществ, витаминов, макро- и микроэлементов и их композиций. Как правило, сорта культурных растений нуждаются в индивидуальном подборе компонентов питательных сред и их соотношений для наиболее эффективного управления ростом и развитием эксплантов *in vitro* [44, 52–55].

4. Применение методов на основе ПЦР

В селекционно-генетических программах, направленных на создание нового поколения сортов малины, всё шире используются достижения молекулярной генетики, биотехнологии и геномики.

ДНК-маркеры позволяют ускорить селекционный процесс, так как идентификация исходного материала и анализ результатов скрещивания могут быть выполнены в достаточно короткий период времени. Таким образом, облегчаются подбор родительских пар для скрещивания, поиск родительского материала в гибридных формах. Маркирование сортового материала позволит оценить значительное разнообразие дикорастущих и культурных форм растений и на их основа-

нии создать коллекцию геноплазмы для использования в селекции. Применение молекулярных подходов в изучении филогении уточнит спорные вопросы систематики. Установление родственных связей прояснит происхождение многих сортов с неизвестными родословными. Молекулярная идентификация и паспортизация сортов и ценных форм малины расширит возможности системы защиты авторских прав селекционеров [56].

В Беларуси род *Rubus*, подрод *Idaeobatus*, в настоящий момент является одним из самых наименее изученных среди ягодных культур как в филогенетическом, так и в физиологическом плане. Это отчасти объясняется тем, что при изучении малины крайне редко прибегали к применению молекулярно-генетических методов и пользовались ограниченным набором других. При создании современных культурных сортов малины широко использовалась межвидовая гибридизация с вовлечением геноплазмы таких видов, как *R. ideaus* L., *R. crataegifolius* Bunge, *R. odoratus* L., *R. occidentalis* L., *Rubus arcticus sfellarcticus* G. Larson. В то же время из-за применения в селекции методов свободного опыления и опыления смесью пыльцы родительские формы многих сортов неизвестны. Это создает трудности при планировании дальнейшей селекции, составлении схем скрещиваний и т. д. Поэтому проведение генетического анализа является актуальным как с научной точки зрения, так и с точки зрения практической селекции [57].

Молекулярно-генетические методы анализа, основанные на проведении полимеразной цепной реакции (ПЦР), за последние 20 лет стали одними из самых популярных и применяются в настоящее время для изучения многих видов организмов. Они отличаются высокой эффективностью, производительностью, хорошей воспроизводимостью и относительной экономичностью. Позволяют выявлять молекулярные маркеры на морфофизиологические, в том числе хозяйственно ценные признаки [57].

Ниже представлен краткий обзор литературы по применению основных молекулярно-генетических методов в изучении биоразнообразия представителей рода *Rubus* и использованию данных подходов в селекционном процессе.

Изоферментные маркеры. Первым поколением молекулярных маркеров, использовавшихся для изучения межвидового и внутривидового полиморфизма представителей рода *Rubus* и молекулярной паспортизации сортов, являлись различные изоферментные системы [58]. Изоферментный анализ также был применен в исследованиях типа размножения растений (половое размножение или апомиксис).

Недостатком данного способа является то, что изоферментные маркеры связаны с фенотипом, т. е. подвержены влиянию окружающей среды и изменениям на различных стадиях развития растения. Кроме того, ограниченное количество таких маркеров по причине малочисленности биохимических анализов для их обнаружения не позволяет произвести тщательный анализ генетического разнообразия [59].

Успехи молекулярной генетики привели к развитию методов ДНК-маркирования, позволяющих использовать любые ткани и органы на всех стадиях развития растений как в живом, так и в гербарном материале и анализировать не только белок-кодирующие, но и некодирующие участки генома, а также повторяющиеся последовательности. В молекулярно-генетическом анализе видов рода *Rubus* применяют различные типы ДНК-маркеров: от ставших уже классическими AFLP, SSR, SCAR до новейших маркеров, основанных на методах секвенирования нового поколения [60].

RFLP (restriction length polymorphism – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов, ПДРФ). В целях изучения межвидового и внутривидового генетического разнообразия представителей рода *Rubus* RFLP-маркеры начали применять еще в 90-х годах прошлого века, когда информация о нуклеотидных последовательностях геномов видов малины отсутствовала.

RAPD (random amplification of polymorphic DNA – случайно амплифицированная полиморфная ДНК). Поскольку работа с RAPD-маркерами не требует информации о нуклеотидных последовательностях, практически у всех культур, в том числе у малины, это были первые из применяемых ПЦР-маркеров. Наиболее активно их привлекали для генотипирования и уточнения родословных селекционных сортов: малины обыкновенной [61–64], малины западной [65], а также дикорастущих популяций *R. idaeus* [66].

Метод RAPD-ПЦР можно было бы считать наиболее подходящим для генетической паспортизации сортов, так как он позволяет оценивать геном в целом. Однако эффективность данного метода существенно различается при оценке растений разных видов. В то же время возникает проблема идентификации конкретных локусов генома на основе анализа амплифицированных фрагментов: подвижность фрагментов различной природы может совпадать, а доминантная природа RAPD-зондов не позволяет выявлять гетерозиготы.

В целом многие авторы отмечают, что метод RAPD-анализа отличается нестабильностью и слабостью воспроизводимостью результатов, поэтому на современном этапе предпочтение отдается другим типам маркеров [67].

AFLP (amplified fragment length polymorphism – полиморфизм длины амплифицированных фрагментов). Высокополиморфные AFLP-маркеры часто привлекались в исследования генетического разнообразия представителей рода *Rubus*.

С помощью AFLP-маркеров была исследована генетическая структура популяций инвазивного вида *Rubus alceifolius* Poit. и восстановлена история его интродукции из Юго-Восточной Азии, где выявлен максимальный уровень меж- и внутривидовой изменчивости, в Австралию (низкий уровень полиморфизма) и на острова Индийского океана, на которых популяции часто представлены единичными AFLP-генотипами [68].

Турецкие исследователи применили AFLP-маркеры для изучения генетического разнообразия дикорастущих образцов малины *R. idaeus*, собранных в разных регионах Турции [69]. В этих работах продемонстрирован высокий уровень полиморфизма местных популяций.

Маркеры, основанные на микросателлитных повторах. Для выявления полиморфизма микросателлитных локусов наиболее часто используют SSR- и ISSR-маркеры (SSR, simple sequence repeats – простые повторяющиеся последовательности; ISSR, inter simple sequence repeats – межмикросателлитные последовательности). В настоящее время праймеры для SSR-анализа разрабатывают на основе информации о фланкирующих микросателлитных повторах участков. Для этого проводят поиск повторов в известных последовательностях, полученных в ходе экспериментальных исследований.

В дальнейшем многочисленные группы исследователей создавали наборы SSR-маркеров для разных видов малины: *Rubus hochstetterorum* [70], *R. occidentalis* [71], *Rubus coreanus* [75], *Rubus glaucus* [73, 74].

Созданные наборы SSR-маркеров широко использовались для изучения генетического разнообразия и генотипирования селекционных сортов малины [75, 76], малины обыкновенной [77–80] и малины западной [71, 81].

N. Castillo et al. [75] проанализировали 48 сортов малины с помощью 13 пар SSR-праймеров, одна из которых была разработана на основе последовательности из GenBank Национального центра биотехнологической информации США, а остальные – на базе геномных библиотек сорта малины Meeker. Обособленные группы были сформированы сортами, сходными по происхождению (созданными с участием *R. strigosus*, *R. idaeus* или межвидовых гибридов), а также сортами, имеющими общий признак – способность к плодоношению на побегах первого года [75].

С помощью SSR-маркеров проведено генотипирование российских сортов малины обыкновенной и сортов селекции сопредельных стран [78, 80], а также европейских сортов [79]. В этих исследованиях не было получено четкой кластеризации сортов, созданных в селекционных программах разных стран, и сортов, имеющих различное генетическое происхождение.

Другая область применения SSR-маркеров связана с изучением генетического разнообразия дикорастущих популяций разных видов малины: *R. idaeus* [82], *Rubus mollucanus* L. [83], *R. crataegifolius*, *Rubus fruticosus* L., *R. coreanus* Miq. [84]. Анализ разнообразия дикорастущих в Шотландии популяций *R. idaeus* [82] выявил высокий уровень генетического разнообразия: десять пар SSR-праймеров генерировали 80 аллелей у изученных образцов 12 популяций. Примечательно, что только 18 аллелей были выявлены у культивируемых образцов малины обыкновенной, что указывает на необходимость расширения генетического разнообразия сортов, в том числе за счет привлечения в скрещивания образцов изученных дикорастущих популяций, и, следовательно, на важность их *in situ* сохранения.

Обратная ситуация выявлена при исследовании полиморфизма дикорастущих популяций *R. occidentalis*, собранных в 27 штатах США и в двух канадских провинциях. Оказалось, что у дикорастущих популяций генетическое разнообразие было ниже, чем у культурных форм малины западной, поэтому, по мнению авторов, данные природные популяции для дальнейших селекционных работ не представляют большого интереса [81].

Для разработки ISSR-маркеров не требуется информация о геномных последовательностях у изучаемых объектов. Анализ образцов дикорастущей малины (*R. idaeus*) из 19 пунктов Черноморского побережья Турции, проведенный при помощи 15 ISSR-праймеров, показал перспективность всех апробированных в этой работе маркеров. Работа В. В. Соболева и коллег была направлена на генотипирование российских сортов малины (15 ремонтантных и 12 летнего срока созревания) и образцов пяти видов малины. Исследуемые образцы разделились по группам на ремонтантные и сорта с летним типом плодоношения.

MAS (marker-assisted selection). Несмотря на то, что у разных видов малины картированы многие гены и QTL селекционно-ценных признаков и определены тесно сцепленные с ними маркеры, статей по маркер-вспомогательной селекции известно крайне мало.

Большое значение для селекции имеет разработка маркеров гена *Ви*, контролирующего устойчивость к вирусу RBDV – крайне опасному патогену, наносящему большой экономический ущерб. Для решения этой задачи J. A. Ward et al. применили метод сегрегационного bulk-анализа при помощи RAPD-маркеров [85].

С целью разработки маркеров генов устойчивости к фитофторозной гнили корней J. Graham et al. [86] отобрали ВАС-клоны с фрагментами хромосом 3 и 6, на которых ранее были картированы QTL устойчивости к *Phytophthora rubi*. Специфичных маркеров для QTL устойчивости к фитофторозной гнили корней получено не было, однако авторы отметили ассоциацию с этим признаком SSR-маркера Rub118b110 [86]. В исследованиях С. А. Weber et al., направленных на решение этой же задачи, обнаружены два основных QTL, связанных с устойчивостью к фитофторозной гнили корней. К данным участкам авторы создали SCAR- и CAPS-маркеры, которые при апробации на 18 сортах продемонстрировали уровень ассоциации с устойчивостью 76 % [87].

Современный инструментарий молекулярно-генетических методов применяется как в фундаментальных, так и в прикладных исследованиях представителей многочисленного рода *Rubus*, хотя число вовлеченных в исследования видов пока еще невелико. На сегодня для молекулярного скрининга доступно лишь небольшое число маркеров, разработанных для единичных генов. Благодаря развитию современных технологий секвенирования, которые начинают применяться и для представителей рода *Rubus*, в ближайшее время можно ожидать прогресс и в направлении маркер-вспомогательной селекции.

В России генотипирование микросателлитных локусов для оценки генетического полиморфизма отечественной коллекции малины начато А. В. Пикуновой с соавт. В рамках данных исследований было генотипировано 12 сортообразцов малины по девяти микросателлитным локусам [88]. Вопросам паспортизации малины с применением RAPD-анализа посвящен ряд работ [89, 90]. В. Г. Лебедев и соавт. представили первичные данные о полиморфности/мономорфности протестированных на малине микросателлитных локусов и их видовой специфичности [76]. Проблема изучалась также в ООО «ФИЛАГР», НПП «МИКРОКЛОН», Всероссийском селекционно-технологическом институте садоводства и питомниководства Г. И. Карловым, И. В. Казаковым, В. В. Соболевым, А. Н. Соболевой, А. В. Озеровским, А. А. Феськовым и др. В результате исследований были проведены молекулярно-генетический анализ пяти видов малины, генетическая паспортизация 20 сортов малины ремонтантной, 16 сортов малины летнего срока созревания, был обнаружен молекулярный маркер на признак ремонтантности.

В Беларуси впервые работу по генотипированию рода *Rubus* методом RAPD-анализа начали Д. И. Каган совместно с российскими коллегами в ГНУ «Институт леса НАН Беларуси» [90]. На основании использования 21 RAPD-локуса проведено генотипирование 19 сортов малины, ежевики и гибридов, изучены их филогенетические взаимоотношения. Установлено, что уровень генетической дифференциации и результаты кластеризации изученных сортов связаны с их сортовыми характеристиками и происхождением.

С 2019 г. на базе РУП «Институт плодородства» проводится работа по генетической паспортизации методом SSR-анализа исходного материала малины разного срока созревания и различного географического происхождения. Молекулярно-генетические паспорта составляли с выполнением предварительной оптимизации ряда параметров, таких как температура отжига праймеров, длительность циклов, общее количество циклов, концентрация праймеров. В результате с помощью набора из восьми SSR-маркеров впервые были разработаны уникальные генетические паспорта для 47 сортов и гибридов летнего срока созревания и 45 – ремонтантного типа. Представленная система регистрации генотипов малины в виде ДНК-паспортов отражает состав аллелей в локусах микросателлитных последовательностей.

Таким образом, на сегодняшний день микросателлитные ДНК-маркеры являются наиболее распространенным типом ДНК-маркерных систем, используемых при работе с селекционным материалом растений: определении степени генетического сходства, а также идентификации и ДНК-паспортизации ценных образцов [91–93].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день сортимент малины в основном состоит из сортов, недостаточно адаптированных к абиотическим и биотическим факторам среды. В процессе селекционной работы высокие уровни ценных хозяйственно-биологических признаков частично объединены в некоторых гибридах, так называемых комплексных донорах. Совмещение оптимальных уровней всех показателей в одном генотипе – задача будущего, которая должна решаться путем создания и постепенного обновления доноров по каждому из признаков на широкой генетической основе, что свидетельствует о масштабе предстоящей работы.

Использование выделенных генетических источников основных хозяйственно ценных признаков позволит более целенаправленно и результативно вести селекционную работу по созданию сортов малины, пригодных к интенсивным технологиям возделывания.

Современная биотехнология привела к фундаментальному сдвигу в обнаружении и мониторинге генетической изменчивости в генетических исследованиях и селекции растений. В генетических исследованиях малины применялись различные методы молекулярных маркеров, случайная амплифицированная полиморфная ДНК (RAPD), простые повторы последовательности (SSR), полиморфизм длины амплифицированного фрагмента (AFLP) и другие, что позволило разработать генетические карты для представителей рода *Rubus*, изучить их филогенетические взаимоотношения, обнаружить молекулярные маркеры на некоторые хозяйственно ценные признаки (ремонтантность, устойчивость к патогенам и т. д.), подготовить молекулярно-генетические паспорта генотипов малины разного срока созревания и различного географического происхождения.

Научная интеграция в сфере биотехнологии позволяет ускорить селекционный процесс. Этому способствует создание современных селекционно-питомниководческих центров, где проводятся совместные исследования селекционеров, генетиков, биотехнологов, физиологов, вирусологов и питомниководов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ягодные культуры в Центральном регионе России / И. В. Казаков [и др.] – М. : ВСТИСП, 2016. – 233 с.
2. Production crops [Electronic resource] / FAOstat. – Mode of access: <http://faostat.fao.org>. – Date of access: 02.12.2019.
3. Государственная комплексная программа развития картофелеводства и плодородства в 2011–2015 гг. : разд. IV. Плодородство / утв. Советом Министров Респ. Беларусь от 31.05.2004. Пост. № 645 / Минсельхозпрод Респ. Беларусь, НАН Беларуси, РУП «Ин-т плодородства». – Минск, 2011. – 56 с.
4. Богомолова, Н. И. Основные биометрические параметры растений малины как составляющие высокой продуктивности сорта / Н. И. Богомолова, Е. В. Митина, М. В. Лупин // Вестн. аграр. науки. – 2018. – № 3 (72). – С. 18–23. – DOI: <http://dx.doi.org/10.15217/48484>.
5. Hall, H. K. Raspberry breeding / H. K. Hall, C. Kempler // Fruit, vegetables and Cereal Sci. Biotechnol. – 2011. – № 5. – P. 44–62.
6. Розанова, М. А. Ягодоведение и ягодоводство / М. А. Розанова. – М., 1935. – С. 135–148.

7. Лупин, М. В. Актуальные направления селекции малины, российские и мировые достижения / М. В. Лупин, Н. И. Богомолова // *Соврем. садоводство – Contemporary horticulture*. – 2019. – № 4. – С. 102–112.
8. Рузавина, Ю. В. Хозяйственно-биологическая оценка интродуцированных сортов малины в условиях Лесостепи Поволжья / Ю. В. Рузавина // *Достижения науки и техники АПК*. – 2015. – Т. 29, № 10. – С. 77–79.
9. Пиянина, Н. А. Перспективные сорта и гибриды малины ремонтантного типа плодоношения для использования в селекции / Н. А. Пиянина // *Научное обеспечение устойчивого развития плодового и декоративного садоводства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Сочи, 23–27 сент. 2019 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т цветоводства и субтроп. культур ; редкол.: Ц. В. Тутберидзе [и др.]*. – Сочи, 2019. – С. 300–304.
10. Ballington, J. The history of blackberry and raspberry breeding in the southern USA / J. Ballington // *Acta Horticulturae*. – 2016. – № 1133. – P. 13–22. – DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1133.3>.
11. Kozhar, O. How does *Botrytis cinerea* infect red raspberry? / O. Kozhar, T. Peever // *Annu. Meet. American Phytopathological Society (APS) Phytopathol.* – 2018. – № 108 (11). – P. 1287–1298. – DOI: 10.1094/PHYTO-01-18-0016-R.
12. Viret, O. Resistance a *Phytophthora fragariae* var. rubi et caractes varieties agronomiques de differentes varieties de framboisier / O. Viret, R. Carron, R. Terrettaz // *Arboric. Hortic.* – 2002. – Vol. 34, № 4. – P. 225–229.
13. Богомолова, Н. И. Элитные формы малины красной из генофонда ВНИИСПК / Н. И. Богомолова // *Соврем. садоводство – Contemporary horticulture*. – 2019. – № 4. – С. 92–101.
14. Евдокименко, С. Н. Селекционная оценка генофонда малины Кокинского ОП ФГБНУ ВСТИСП / С. Н. Евдокименко, М. А. Подгаецкий // *Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / ВСТИСП ; редкол.: И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]*. – М., 2016. – Т. XXXXVII. – С. 128–132.
15. Евдокименко, С. Н. Селекция ягодных культур на Кокинском опорном пункте ФГБНУ ВСТИСП / С. Н. Евдокименко, Ф. Ф. Сазонов, Н. В. Андропова // *Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля : сб. науч. тр. / Юж.-Урал. науч.-исслед. ин-т садоводства и картофелеводства ; редкол.: Н. В. Глаз [и др.]*. – Челябинск, 2016. – Т. 18. – С. 95–110.
16. Евдокименко, С. Н. Создание сортов ремонтантной малины с коротким периодом плодоношения / С. Н. Евдокименко // *Глав. агроном*. – 2019. – № 4. – С. 63–65.
17. Евдокименко, С. Н. Новые сорта ягодных культур для Центрального региона России / С. Н. Евдокименко, Ф. Ф. Сазонов, Н. В. Андропова // *Садоводство и виноградарство*. – 2017. – № 1. – С. 31–38.
18. Gwozdecki, J. Raspberry production in Poland / J. Gwozdecki // *Jugoslovensko Vocarstvo*. – 2004. – Vol. 38, br. 147–148 (2004/3–4). – P. 245–249.
19. Orzel, A. Directions in raspberry and blackberry breeding programme conducted in NIWA Berry Breeding Ltd., Brzezna, Poland / A. Orzel, M. Simlat, J. Danek // *Acta Horticulturae*. – 2016. – № 1133. – P. 29–34. – DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1133.5>.
20. Сорта плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда, включенные в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород и находящиеся на испытании в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений / РУП «Ин-т пловодства». – Самохваловичи, 2021. – 32 с.
21. Вавилов, Н. И. Ботанико-географические основы селекции (учение об исходном материале в селекции) / Н. И. Вавилов // *Теоретические основы селекции растений*. – М. – Л., 1935. – Т. 1. – С. 17–74.
22. Фролова, Л. В. Использование генетических ресурсов в селекции малины / Л. В. Фролова // *125 лет прикладной ботаники в России : тез. Междунар. конф., Санкт-Петербург, 25–28 нояб. 2019 г. / Всерос. ин-т генет. ресурсов растений им. Н. И. Вавилова ; колл. авторов*. – СПб., 2019. – С. 267.
23. Евдокименко, С. Н. Адаптивный и продуктивный потенциал новых сортов и форм ремонтантной малины в условиях Брянской области / С. Н. Евдокименко, В. Л. Кулагина, И. А. Якуб // *Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / ВСТИСП ; редкол.: И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]*. – М., 2014. – Т. 38, № 1. – С. 124–131.
24. Евдокименко, С. Н. Оценка и создание исходного материала малины ремонтантного типа для приоритетных направлений селекции / С. Н. Евдокименко // *Селекция и сорторазведение садовых культур : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 170-летию ВНИИСПК (Орел, 5 июня 2015 г.) / ВНИИСПК ; редкол.: Е. Н. Седов [и др.]*. – Орел, 2015. – С. 62–65.
25. Евдокименко, С. Н. Лучшие генетические источники и доноры технологических свойств в селекции ремонтантной малины / С. Н. Евдокименко // *Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / ВСТИСП ; редкол.: И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]*. – М., 2018. – Т. XXXXXIV. – С. 35–40.
26. Евдокименко, С. Н. Изучение особенностей водообмена ремонтантной малины в связи с селекцией на засухоустойчивость / С. Н. Евдокименко, И. В. Алексеенко // *Садоводство и виноградарство*. – 2018. – № 1. – С. 24–29.
27. Бобрович, Л. В. Анализ фенотипа ягодных культур с применением компьютерных технологий обработки массивов данных / Л. В. Бобрович, Е. В. Пальчиков, Э. Н. Аникьева // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. – 2017. – № 5. – С. 51–58.
28. Миронова, Н. В. Оценка отборных форм малины по компонентам продуктивности / Н. В. Миронова, М. А. Подгаецкий // *Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : материалы XIII Междунар. науч. конф. / Брян. гос. аграр. ун-т ; редкол.: С. Н. Евдокименко [и др.]*. – Брянск, 2016. – С. 246–251.
29. Евдокименко, С. Н. Актуальные направления селекции малины / С. Н. Евдокименко // *Перспективы развития современного ягодоводства в изменившихся климатических условиях : тез. докл. Междунар. науч. конф., Самохваловичи, 17–19 июля 2019 г. / РУП «Ин-т пловодства» ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]*. – Минск, 2019. – С. 18–20.

30. Евдокименко, С. Н. Биологический потенциал ремонтантной малины в селекции на продуктивность / С. Н. Евдокименко, И. В. Алексеев // Сборник научных трудов ГНБС / ГНБС им. Н. В. Цицина ; редкол.: А. Г. Кукина [и др.]. – М., 2019. – Т. 148. – С. 170–179.
31. Якуб, И. А. Оценка корреляционной зависимости между компонентами продуктивности ремонтантной малины / И. А. Якуб // Агрэкологические аспекты устойчивого развития АПК. – Брянск : Изд-во Брян. ГАУ, 2015. – С. 123–125.
32. Подгаецкий, М. А. Прочность плодов исходных форм малины и наследование ее в потомстве / М. А. Подгаецкий // Садоводство и виноградарство. – 2019. – № 1. – С. 5–9.
33. Маркова, М. Г. Повышение эффективности клонального микроразмножения ремонтантной малины / М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова // Вестн. НГАУ. – 2016. – № 2 (39). – С. 30–35.
34. Макаров, С. С. Влияние регуляторов роста на органогенез малины при клональном микроразмножении / С. С. Макаров, И. Б. Кузнецова, В. М. Дрозд // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2018. – № 3 (71). – С. 111–112.
35. Рундя, А. П. Введение и микроразмножение в культуре *in vitro* двух элитных гибридов малины белорусской селекции / А. П. Рундя, Л. В. Фролова, Е. И. Глушанкова // Биотехнология в плодоводстве : материалы Междунар. науч. конф., Самохваловичи, 13–17 июня 2016 г. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2016. – С. 78–81.
36. Корнацкий, С. А. Особенности укоренения *in vitro* микрочеренков ремонтантной малины / С. А. Корнацкий // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / ВСТИСП ; редкол.: И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2017. – Т. XXXXVIII. – С. 136–139.
37. Корнацкий, С. А. Новая стратегия в микроразмножении ремонтантной малины / С. А. Корнацкий, А. А. Попкова, А. Ж. Семенов // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2018. – Т. 5, № 1. – С. 50–52.
38. Малаева, Е. В. Биотехнологические и экономические аспекты клонального микроразмножения ремонтантной малины / Е. В. Малаева, О. И. Молканова // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / ВСТИСП ; редкол.: И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2017. – Т. XXXXVIII. – С. 183–189.
39. Легкая, Л. В. Эффективность способов размножения сортов малины ремонтантного типа / Л. В. Легкая, Н. Н. Волосевич // Плодоводство : сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2009. – Т. 21. – С. 293–299.
40. Кульханова, Д. С. Размножение *in vitro* ремонтантных сортов малины / Д. С. Кульханова, Т. В. Плаксина, И. Д. Бородулина // Изв. АлтГУ. – 2017. – № 3-2 (75). – С. 42–45.
41. Высоцкий, В. А. Особенности клонального микроразмножения некоторых форм ремонтантной малины / В. А. Высоцкий // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / ВСТИСП ; редкол.: В. И. Кашин [и др.]. – М., 1996. – Т. 3. – С. 90–95.
42. Казаков, И. В. Малина ремонтантная / И. В. Казаков, С. Н. Евдокименко. – М., 2007. – 288 с.
43. Сельскохозяйственная биотехнология / В. С. Швелуха [и др.]. – М. : Высш. шк., 1998. – С. 416.
44. Тимофеева, О. А. Клональное микроразмножение растений : учеб.-метод. пособие / О. А. Тимофеева, Ю. Ю. Невмержицкая. – Казань : Казан. ун-т, 2012. – 56 с.
45. Плаксина, Т. В. Особенности клонального микроразмножения малины красной (*Rubus idaeus* L.) алтайской селекции / Т. В. Плаксина, Л. С. Ворохобова, И. Д. Бородулина // Садоводство и виноградарство. – 2017. – № 5. – С. 39–43.
46. Иванова-Ханина, Л. В. Получение посадочного материала *Rubus idaeus* L. методом микроклонального размножения *in vitro* / Л. В. Иванова-Ханина // Изв. с.-х. Тавриды. – 2018. – № 13 (176). – С. 36–45.
47. Малаева, Е. В. Использование биотехнологических методов для ускоренного размножения ягодных культур / Е. В. Малаева, О. И. Молканова, Л. Н. Коновалова // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / ВСТИСП ; редкол.: И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2016. – Т. XXXXV. – С. 103–108.
48. Пясковская, Я. А. Введение в культуру *in vitro* сортов малины / Я. А. Пясковская, А. М. Смолин // Молодежная наука 2013: технологии, инновации : материалы LXXIII Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, Пермь, 11–15 марта 2013 г. / Перм. ГСХА ; редкол.: Ю. Н. Зубарев [и др.]. – Пермь, 2013. – С. 112–114.
49. Ярмоленко, Л. В. Особенности размножения сортов малины *in vitro* / Л. В. Ярмоленко // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2017. – Т. 4, № 1-2. – С. 161–164.
50. Бьядовский, И. А. Регенерация и развитие эксплантов различных сортов растений малины (*Rubus idaeus* L.) на начальных этапах клонального микроразмножения в зависимости от регуляторов роста / И. А. Бьядовский // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / ВСТИСП ; редкол.: И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2015. – Т. XXXXI. – С. 59–63.
51. Соловых, Н. В. Эффективность использования различных цитокининов для клонального размножения *in vitro* растений рода *Rubus* / Н. В. Соловых // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / ВСТИСП ; редкол.: И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2013. – Т. XXXVII. – С. 316–321.
52. Генетические основы селекции растений : в 4 т. / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск : Беларус. навука, 2012. – Т. 3 : Биотехнология в селекции растений. Клеточная инженерия. – 489 с.
53. Размножение плодовых и ягодных растений в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик [и др.] ; под общ. ред. Н. В. Кухарчик. – Минск : Беларус. навука, 2016. – С. 20–21.
54. Калинин, Ф. Л. Технология микроклонального размножения растений / Ф. Л. Калинин, Г. П. Кушнир, В. В. Сарнацкая ; под ред. В. П. Лобова. – Киев : Ин-т физиологии растений и генетики, 1992. – С. 149–150.

55. Катаева, Н. В. Клональное микроразмножение растений / Н. В. Катаева, Р. Г. Бутенко. – М. : Наука, 1983. – С. 47–60.
56. Шамшин, И. Н. Создание генетических паспортов сортов яблони на основе анализа полиморфизма микросателлитных локусов генома : методика / И. Н. Шамшин, А. М. Кудрявцев, Н. И. Савельев. – Мичуринск, 2013. – 44 с.
57. Соболев, В. В. Использование метода полимеразной цепной реакции для генетического маркирования ремонтантной малины : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.23 / В. В. Соболев. – М., 2004. – 17 с.
58. Characterization of red raspberry cultivars and selections using isoenzyme analysis / J. C. Cousineau [et al.] // HortSci. – 1993. – Vol. 28, № 12. – P. 1185–1186.
59. Способ генетической паспортизации селекционных достижений малины на основе RAPD-маркеров : пат. РФ на изобретение № 2671678 С 2, МПК С12Q 1/68 / В. Г. Лебедев, Д. И. Каган, Е. О. Видягина; заявитель ООО «ФИЛАГР». – Оpubл. 06.11.2018.
60. Молекулярные маркеры в исследованиях генетического разнообразия представителей рода *Rubus* L. и перспективы их применения в селекции / А. М. Камнев [и др.] // Вавилов. журн. генетики и селекции. – 2020. – Т. 24, № 1. – С. 20–30. – DOI: 10.18699/VJ20.591.
61. Identification of red raspberry cultivars and an assessment of their relatedness using fingerprints produced by random primers / J. Graham [et al.] // J. Hort. Sci. – 1994. – Vol. 69. – P. 123–130.
62. Discrimination of *Rubus* cultivars using RAPD markers and pedigree analysis / E. Stafne [et al.] // Acta Horticulturae. – 2003. – Vol. 626. – P. 119–124. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2003.626.16.
63. Assessment of genetic diversity among selected raspberry cultivars / G. Umar [et al.] // Proc. Fla. State Hort. Soc. – 2010. – Vol. 123. – P. 26–28.
64. Assessment of genetic variability among raspberry accessions using molecular markers / M. Simlat [et al.] // Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus. – 2018. – Vol. 17, № 5. – P. 61–72. – DOI: 10.24326/asphc.2018.5.6.
65. Weber, C. A. Genetic diversity in black raspberry detected by RAPD markers / C. A. Weber // HortSci. – 2003. – Vol. 38, № 2. – P. 269–272.
66. Spatially dependent genetic diversity within and between colonies of wild raspberry *R. idaeus* detected using RAPD markers / J. Graham [et al.] // Mol. Ecol. – 1997. – Vol. 6. – P. 1001–1008.
67. Использование ISSR-маркеров для молекулярно-генетической идентификации и паспортизации сортов малины / В. В. Соболев [и др.] // Сельскохозяйств. биология. – 2006. – № 5. – С. 48–52.
68. Comparison of genetic diversity of the invasive weed *R. alceifolius* Poir. (Rosaceae) in its native range in areas of introduction, using amplified fragment length polymorphism markers / L. Amsellem [et al.] // Mol. Ecol. – 2000. – Vol. 9. – P. 443–455.
69. AFLP-based genetic relationships in wild and cultivated raspberry genotypes (*Rubus idaeus* L.) / S. Ercisli [et al.] // Biotechnol. Biotechnol. Equip. – 2008. – Vol. 22, № 4. – P. 907–910.
70. Isolation and characterization of simple sequence repeat loci in *R. hochstetterorum* and their use in other species from the Rosaceae family / M. Lopes [et al.] // Mol. Ecol. Notes. – 2006. – Vol. 6. – P. 750–752. – DOI: 1111/j.1471-8286.2006.01329.x.
71. Dossett, M. SSR fingerprinting of black raspberry cultivars shows discrepancies in identification / M. Dossett, N. Bassil, C. Finn // Acta Horticulturae. – 2012a. – Vol. 946. – P. 49–53. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.946.4.
72. Novel microsatellite markers acquired from *Rubus coreanus* Miq. and cross-amplification in other *Rubus* species / G. A. Lee [et al.] // Mol. – 2015. – Vol. 20. – P. 6432–6442. – DOI: 10.3390/molecules20046432.
73. López, A. Evaluation of SSR and SNP markers in *R. glaucus* Benth progenitors' selection / A. López, C. Barrera, M. Marulanda // Rev. Bras. Frutic. – 2019. – Vol. 41, № 1. – P. 1–14. – DOI: 10.1590/0100-29452019081.
74. A blackberry (*Rubus* L.) expressed sequence tag library for the development of simple sequence repeat markers / K. Lewers [et al.] // BMC Plant Biol. – 2008. – Vol. 8. – 69 p. – DOI: 10.1186/1471-2229-8-69.
75. Microsatellite markers for raspberry and blackberry / N. R. F. Castillo [et al.] // J. Am. Soc. Hort. Sci. – 2010. – Vol. 135. – P. 271–278.
76. Анализ микросателлитных локусов как первый этап на пути к маркерной селекции малины и земляники / В. Г. Лебедев [и др.] // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2018. – Т. 5, № 1. – С. 65–68.
77. Assessment of genetic diversity in Bulgarian raspberry germplasm collection by microsatellite markers (SSR) / I. Badjakov [et al.] // Biotechnol. Biotechnol. Equip. – 2009. – Vol. 19, № 1. – P. 43–47.
78. Investigation of genetic diversity in Russian collections of raspberry and blue honeysuckle / D. Lamoureux [et al.] // Plant Genet. Resour. – 2011. – Vol. 9, № 2. – P. 202–205. – DOI: 10.1017/S1479262111000323.
79. SSR fingerprinting of a German *Rubus* collection and pedigree based evaluation on trueness-to-type / G. Girichev [et al.] // Genet. Resour. Crop Evol. – 2015. – Vol. 64. – P. 89–103. – DOI: 10.1007/s10722-015-0345-0.
80. Laciš, G. Evaluation of red raspberry cultivars used for breeding and commercial growing in the Baltic region / G. Laciš, I. Kota-Dombrovska, S. Strautina // Proc. Latvian Acad. Sci. Sect. B. – 2017. – Vol. 71, № 3. – P. 203–210.
81. Genetic diversity in wild and cultivated black raspberry (*Rubus occidentalis* L.) evaluated by simple sequence repeat markers / M. Dossett [et al.] // Genet. Resour. Crop Evol. – 2012b. – Vol. 59. – P. 1849–1865.
82. New insight into wild red raspberry populations using simple sequence repeat markers / J. Graham [et al.] // J. Am. Soc. Hort. Sci. – 2009. – Vol. 134, № 1. – P. 109–119.
83. Genetic diversity of Philippine *Rubus moluccanus* L. (Rosaceae) populations examined with VNTR DNA probes / D. T. Bussemeyer [et al.] // J. Trop. Biol. – 1997. – Vol. 14. – P. 867–884. – DOI: 10.1017/S0266467400011044.
84. Genetic diversity and population structure of *Rubus* accessions using simple sequence repeat markers / K. J. Lee [et al.] // Plant Breed. Biotech. – 2016. – Vol. 4, № 3. – P. 345–351. – DOI: 10.9787/PBB.2016.4.3.345.

85. Developing molecular markers for marker assisted selection for resistance for *Raspberry bushy dwarf virus* (RBDV) in red raspberry / J. A. Ward [et al.] // Acta Horticulturae. – 2012. – Vol. 946. – P. 61–66. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.946.6.
86. Towards an understanding of the nature of resistance to *Phytophthora* root rot in red raspberry / J. Graham [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2011. – Vol. 123. – P. 585–601. – DOI: 10.1007/s00122-011-1609-5.
87. Weber, C. A. Marker assisted selection for resistance to root rot in red raspberry caused by *Phytophthora fragariae* var. *rubi*. / C. A. Weber, J. Pattison, S. Samuelian // Acta Horticulturae. – 2008. – Vol. 777. – P. 311–316. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.777.46.
88. Генотипирование микросателлитных локусов яблони, малины и черной смородины из коллекции ВНИИСПК / А. В. Пикунова [и др.] // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии : материалы XIII молодеж. науч. конф. / Всерос. науч.-исслед. ин-т с.-х. биотехнологии. – М. : ВНИИСБ, 2013. – С. 44–46.
89. Способ идентификации сортов малины на основе RAPD-маркеров : пат. РФ на изобретение № 2620967 С 2, МПК С12Q 1/68 / В. Г. Лебедев, М. В. Филиппов, А. Б. Азарова, Д. И. Каган, К. А. Шестибратов; заявитель ООО НПФ «МИКРОКЛОН». – Опубл. 30.05.2017.
90. Паспортизация сортов малины и ежевики и изучение их филогенетических взаимоотношений методом RAPD-анализа [Электронный ресурс] / Д. И. Каган [и др.] // Биотехнологические приемы в сохранении биоразнообразия и селекции растений : сб. ст. Междунар. науч. конф. – Минск : Центр. ботан. сад Акад. наук Беларуси, 2014. – С. 101–104. – Режим доступа: http://microklon.ru/uploads/_pages/441/proceedings-cbg.biotech-2014_.pdf#page=102. – Дата доступа: 24.06.2021.
91. Ушакова, Я. В. Использование технологий ДНК-маркирования в селекционно-генетических исследованиях яблони : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.01.05 / Я. В. Ушакова. – Краснодар, 2015. – 17 с.
92. Молекулярно-генетическая паспортизация национальной коллекции яблони в Беларуси / З. А. Козловская [и др.] // Пути повышения эффективности садоводства : сб. науч. тр. / ГНБС ; ред.-изд. совет: Ю. В. Плугатарь (гл. ред.) [и др.] ; под общ. ред. А. В. Смыкова. – Ялта : ГБСБ, 2017. – Т. 144, ч. I. – С. 134–138.
93. Swanson, J. D. Raspberries and blackberries / J. D. Swanson, J. E. Carlson, F. Fernandez-Fernandez // Genetics, Genomics and Breeding of Berries. – Boca Raton : CRC Press, 2011. – P. 64–105. – DOI: <https://doi.org/10.1201/b10922>.

MODERN WAYS OF RASPBERRY BREEDING

L. V. FROLOVA, T. A. HASHENKO, O. A. HASHENKO

Summary

One of the priority tasks in raspberry breeding is to increase the ecological adaptation of varieties to negative biotic and abiotic factors of a particular cultivation region. Common task for all raspberry cultivation regions is the breeding of highly productive varieties suitable for mechanized cultivation with high commercial, taste and technological qualities of berries.

The modern breeding process is characterized by a significant increase in the intensity of selection and the acceleration of the breeding process. Biotechnological methods of clonal micropropagation of valuable genotypes, as well as the use of PCR for genetic analysis and certification of breeding material, are very encouraging. Scientific integration gives the opportunity to speed up the breeding process. This is contributed by the creation of modern breeding and nursery-garden centers, where joint research is carried out by breeders, geneticists, biotechnologists, physiologists, virologists and nursery breeders.

Key words: raspberry, breeding, hybrids, varieties, PCR, *in vitro*, world countries, Belarus.

Поступила в редакцию 22.03.2021