

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПЛОДОВ МАЛИНЫ РЕМОНТАНТНОЙ*

С. Н. ЕВДОКИМЕНКО¹, В. И. ГУБОГЛО²

¹ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства»,
ул. Загорьевская, 4, г. Москва, 115598, Россия,
e-mail: serge-evdokimenko@yandex.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Брянский государственный аграрный университет»,
ул. Советская, 2а, с. Кокино, Выгоничский район, Брянская область, 43365, Россия

АННОТАЦИЯ

Целью настоящих исследований было установление возможности создания форм ремонтантной малины, по прочности плодов превосходящих лучшие современные сорта, и выявление перспективных родительских пар. Физико-механические свойства плодов малины изучались в 2022–2024 гг. Материал исследований включал 19 ремонтантных сортов малины, 8 отборных форм и 10 комбинаций скрещиваний. За период наблюдений среди сортов и форм не выявлено генотипов с очень мягкими плодами (< 3,0 Н). Прочные ягоды, выдерживающие усилие на раздавливание 7,6–9,0 Н, формировали сорта Атлант (st), Медвежонок, Салют и отборные формы № 44-154-2, 1-60-1, 9-113-1, 11-165-10. По этому критерию они соответствуют требованиям пригодности для механизированного сбора урожая и обеспечивают высокое качество плодов при транспортировке и послеуборочном хранении. Селекционный интерес представляют семьи, в которых выщепляются сеянцы с очень прочными ягодами. Такие гибриды наблюдались в комбинациях скрещиваний: 9-113-1 × Салют (11,2 %), Атлант × 11-165-10 (8,4 %), 11-165-10 × 1-60-1 (2,9 %), Салют × Медвежонок (5,9 %), 1-60-1 × 9-155-1 (9,3 %).

Ключевые слова: ремонтантная малина, селекция, сорта, гибридные сеянцы, прочность ягод, усилие на раздавливание плодов, коэффициент относительной прочности.

ВВЕДЕНИЕ

Плоды малины входят в число наиболее востребованных на рынке ягодной продукции, что связано с их вкусовыми и лечебно-профилактическими свойствами. Они отличаются неповторимым ароматом и десертным вкусом, позиционируются как богатый источник биологически активных соединений, оказывающих положительное влияние на здоровье человека. Малина имеет и большое экономическое значение, ее выращивают более чем в 50 странах мира. По данным FAOSTAT [1], в 2020 г. производство ягод достигло 895,8 тыс. т, а площадь, занятая культурой, превысила 112 тыс. га. При этом в отчетах ФАО отсутствует информация о производстве малины в Китае, Бразилии, Аргентине, Казахстане, Республике Беларусь, где эта культура возделывается на промышленной основе.

Вместе с тем плоды малины – это скоропортящийся продукт с ограниченным сроком послеуборочного хранения, который сопровождается потерей воды, изменением цвета, размягчением тканей, поражениями патогенами [2]. Наличие полости внутри плодов от плодоложка создает дополнительные трудности при транспортировке, во время которой ягоды сминаются под действием силы тяжести верхних слоев, теряя форму, а иногда и выделяя сок [3, 4]. В связи с этим увеличение прочности ягод малины, а следовательно, и улучшение ее транспортабельности является одной из приоритетных задач многих селекционных программ [5, 6]. Особый интерес представляет оценка сортов малины по изучаемому показателю в связи с механизированной уборкой урожая. Прочность ягод является ключевым критерием пригодности сорта к комбайновой уборке. Рядом исследователей [7, 8] установлена тесная корреляция между плотностью ягод и восприимчивостью их к гнилям.

* Исследования выполнены в соответствии с государственным заданием ФГБНУ ФНЦ Садоводства по теме «Генетические и биотехнологические подходы управления селекционным процессом, совершенствование существующих методов селекции для конструирования новых генетических модификаций плодовых, ягодных, овощных и полевых культур, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства» (FGUW-2021-0001).

В селекции на увеличение прочности ягод малины пройден большой путь. Первоначальные сорта отличались мягкими, нетранспортабельными ягодами, пригодными для быстрого использования в свежем виде или для переработки. И только в середине прошлого века появились сорта для коммерческого производства, способные переносить транспортировку на относительно большие расстояния, что способствовало международной торговле свежими ягодами малины и бурному развитию отрасли [9]. Современные промышленные сорта существенно превышают своих предшественников по прочности, транспортабельности и сроку хранения. По данным ряда исследователей [10–13], повышенной прочностью и транспортабельностью плодов обладают сорта Атлант, Карамелька, Медвежонок, Driscoll Maravilla, Poranna Rosa, Kwanza. Несмотря на то, что некоторые из них пригодны к механизированному съему и убираются в промышленных условиях комбайном, уровень их прочности недостаточный для обеспечения высокого качества плодов после уборки. Следовательно, дальнейшее селекционное увеличение прочности плодов весьма актуально. В связи с этим *целью исследований* было установление возможности создания форм ремонтантной малины, по прочности плодов превосходящих лучшие современные сорта, и выявление перспективных родительских пар.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Физико-механические свойства плодов малины изучали в 2022–2024 гг. Материал исследований включал 19 ремонтантных сортов малины, 8 отборных форм и 10 комбинаций скрещиваний.

Плоды снимали в сухую погоду в период оптимальной спелости по 10 шт. в трех повторностях каждого сорта и отбора и по 10 шт. без повторностей с каждого сеянца [14, 15]. Плоды клади боковой стороной на электронные весы и раздавливали предметным стеклом до появления капли сока, отмечая при этом показания дисплея, которые затем переводили в Ньютоны (1 кгс = 9,8 Н).

Уровень прочности ягод оценивали по модифицированной нами шкале:

очень мягкие (< 3,0 Н);
мягкие (3,0–5,0 Н);
средней прочности (5,1–7,0 Н);
прочные (7,1–9,0 Н);
очень прочные (> 9,0 Н).

Усилие на отрыв ягод от цветоложа определяли пистолетом-динамометром [16]. При этом количество ягод и повторностей было таким же, как и при определении прочности. Коэффициент относительной прочности рассчитывали по формуле, предложенной Ю. А. Утковым [17].

Анализ гибридного потомства проводили в соответствии с программой и методикой селекции плодовых и ягодных культур.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение прочности ягод ряда родительских ремонтантных сортов и форм малины показало их существенное различие по этому признаку, а также выявило тесную зависимость исследуемого показателя от генотипа и окружающей среды.

Солнечная, сухая погода с небольшим дефицитом влаги во время массового плодоношения ремонтантных сортов малины в период исследований способствовала формированию урожая высокого качества. Наиболее благоприятные условия для ремонтантной малины сложились в 2024 г. Средняя прочность ягод по всем сортам в этот сезон составила 6,5 Н (табл. 1). За весь период наблюдений среди сортов и форм не выявлено генотипов с очень мягкими плодами (< 3,0 Н). Только 4 образца (Оранжевое чудо, Нижегородец, Бабье лето и Снежеть), или 14,8 %, формировали мягкие, нетранспортабельные плоды с усилием на раздавливание 4,1–4,6 Н. Большая часть сортимента (59,3 %) имела плоды средней прочности, которые пригодны для ручной уборки и длительной транспортировки. Прочные ягоды, выдерживающие усилие на раздавливание 7,6–9,0 Н, формировали сорта Атлант (st), Медвежонок, Салют и отборные формы № 44-154-2, 1-60-1, 9-113-1, 11-165-10. По этому критерию они соответствуют требованиям пригодности для механизированного сбора урожая и обеспечивают высокое качество плодов при транспортировке и послеуборочном хранении.

Таблица 1. Физико-механические свойства плодов ремонтантных сортообразцов малины

Сорт, форма	Усилие на раздавливание плодов, Н				Коэффициент относительной прочности
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	$\bar{X}_{ср}$	
Атлант (st)	8,8	8,0	7,7	8,2	0,93
Бабье лето	4,4	3,7	4,9	4,3	0,88
Евразия	6,8	6,2	7,0	6,7	0,93
Жар-птица	6,2	5,3	6,8	6,1	0,92
Карамелька	7,0	6,1	6,3	6,5	0,91
Комсомольская Правда	5,3	6,2	5,1	5,5	0,87
Медвежонок	7,3	8,0	7,4	7,6	0,92
Нижегородец	4,2	4,1	4,2	4,2	0,86
Оранжевое чудо	4,3	3,6	4,3	4,1	0,83
Пингвин	5,7	4,4	5,2	5,1	0,88
Подарок Кашину	6,8	7,0	7,0	6,9	0,87
Поклон Казакову	6,6	6,7	6,5	6,6	0,91
Похвалинка	6,1	6,4	6,7	6,4	0,87
Салют	8,2	7,3	8,1	7,9	0,92
Самородок	6,6	6,8	7,0	6,8	0,88
Снежеть	4,8	4,2	4,8	4,6	0,89
Юбилейная Куликова	6,0	4,5	5,3	5,3	0,89
Brice	6,2	7,2	6,5	6,6	0,91
Sugana	7,0	7,0	6,7	6,9	0,91
1-16-11	5,3	5,1	4,8	5,1	0,90
1-60-1	7,6	7,8	8,8	8,0	0,87
11-165-10	8,0	9,7	9,2	9,0	0,93
2-53-1	6,7	6,9	7,0	6,9	0,86
3-111-1	6,2	6,0	6,9	6,4	0,88
44-154-2	7,1	8,9	7,6	7,9	0,85
9-113-1	7,5	7,2	8,0	7,6	0,86
9-155-1	5,3	5,6	5,5	5,5	0,89
Среднее по сортам	6,3	6,3	6,5	—	—
HCP_{05}	0,91	0,97	0,94	—	—

Однако показатель «усилие на раздавливание» не дает объективной оценки прочности плодов. Так, ягоды ряда ремонтантных сортов и форм малины (Подарок Кашину, 44-154-2, 9-113-1 и др.) плохо отделяются от плодоложа, теряя при этом целостность и товарный вид. В связи с этим при оценке прочностных характеристик плодов малины используется безразмерный коэффициент относительной прочности, который учитывает силу раздавливания ягод и силу их отрыва. По нашим многолетним наблюдениям, надежно и с полной уверенностью можно считать пригодными к машинной уборке урожая и всем видам переработки формы, у которых коэффициент относительной прочности ягод превышает 0,9.

Изучаемые ремонтантные сортообразцы имели коэффициент относительной прочности ягод в пределах 0,83–0,93. Наибольшее значение показателя (0,91–0,93) отмечено у сортов Атлант, Карамелька, Поклон Казакову, Жар-птица и др. При таком уровне коэффициента ягоды легко отделяются от плодоложа и не травмируются. Сорта Атлант, Салют, Медвежонок и отборная форма 11-165-10 сочетали повышенную прочность ягод с высоким уровнем коэффициента относительной прочности и по физико-механическим свойствам плодов подходили под машинную уборку урожая.

Анализ гибридного потомства ремонтантных родительских форм малины по прочности ягод свидетельствует о большом размахе варьирования сеянцев по изучаемому показателю в зависимости от комбинации скрещивания. Потомство от скрещивания сортов с различным уровнем усилия раздавливания ягод обычно представлено наибольшим числом растений, занимающих промежуточное положение между родительскими формами (табл. 2). При этом нередко наблюдается выщепление форм как с отрицательной, так и с положительной трансгрессией по изучаемо-

му признаку, что свидетельствует о селекционных возможностях улучшения его уровня в последующих генерациях. Так, в четырех семьях из десяти (Комсомольская Правда \times 44-154-2, 1-60-1 \times Комсомольская Правда, Комсомольская Правда \times Карамелька, Салют \times Медвежонок) встречались сеянцы с очень мягкими плодами. В большинстве из них одной из родительской форм был сорт Комсомольская Правда, формирующий ягоды со средним уровнем прочности. Основная часть гибридов во всех комбинациях скрещиваний имела плоды мягкие и средней прочности (3,0–7,0 Н). Сложное расщепление наблюдалось в семье Салют \times Медвежонок, где были представлены сеянцы всех групп прочности: от очень мягких до очень прочных.

Таблица 2. Расщепление гибридного потомства по прочности ягод

Комбинации скрещивания	Количество сеянцев, шт.	Выход сеянцев с прочностью (Н), %				
		< 3,0	3,0–5,0	5,1–7,0	7,1–9,0	> 9,0
2023 г.						
9-113-1 \times Салют	60	–	25,0	41,6	22,2	11,2
Подарок Кашину \times 1-16-11	56	–	21,4	71,4	7,2	–
Атлант \times Комсомольская Правда	46	–	34,8	52,2	13,0	–
Комсомольская Правда \times 44-154-2	82	4,9	31,7	48,8	14,6	–
1-60-1 \times Комсомольская Правда	70	7,2	57,1	35,7	–	–
2024 г.						
Атлант \times 11-165-10	48	–	25,0	54,2	12,4	8,4
11-165-10 \times 1-60-1	68	–	11,8	61,8	23,5	2,9
Салют \times Медвежонок	70	14,7	44,1	26,5	8,8	5,9
Комсомольская Правда \times Карамелька	63	4,8	28,6	58,7	7,9	–
1-60-1 \times 9-155-1	64	–	21,9	50,0	18,8	9,3

Селекционный интерес представляют семьи, в которых выщепляются сеянцы с прочными ягодами. Такие гибриды наблюдались во всех изученных комбинациях, за исключением 1-60-1 \times Комсомольская Правда. Выход сеянцев с прочными плодами варьировал от 7,2 до 23,5 %. В ряде семей выделены гибриды с очень прочными плодами: 9-113-1 \times Салют (11,2 %), Атлант \times 11-165-10 (8,4 %), 11-165-10 \times 1-60-1 (2,9 %), Салют \times Медвежонок (5,9 %), 1-60-1 \times 9-155-1 (9,3 %).

Расчет степени доминантности (D) подтвердил сложность в передаче потомству высокой прочности плодов. В большинстве комбинаций скрещиваний наблюдалась депрессия в передаче потомству прочности ягод (табл. 3). Лишь в семьях Подарок Кашину \times 1-16-11, Комсомольская Правда \times Карамелька, 1-60-1 \times 9-155-1 отмечалось уклонение в сторону худшего родителя ($D = -0,37...-0,50$).

Таблица 3. Наследование прочности плодов в гибридном потомстве ремонтантной малины

Комбинации скрещивания	Прочность плодов исходных форм, Н		Средняя прочность по семье, Н	D	Тч, %
	♀	♂			
2023 г.					
9-113-1 \times Салют	7,2	7,3	6,4	-1,66	25,0
Подарок Кашину \times 1-16-11	7,0	5,1	5,7	-0,37	7,2
Атлант \times Комсомольская Правда	8,0	6,2	5,6	-1,66	4,3
Комсомольская Правда \times 44-154-2	6,2	8,9	5,3	-1,60	0
1-60-1 \times Комсомольская Правда	7,8	6,2	4,7	-2,88	0
2024 г.					
Атлант \times 11-165-10	7,7	9,2	6,0	-3,26	4,2
11-165-10 \times 1-60-1	9,2	8,8	6,2	-14,00	0
Салют \times Медвежонок	8,1	7,4	5,1	-7,57	11,7
Комсомольская Правда \times Карамелька	5,1	6,3	5,4	-0,50	22,2
1-60-1 \times 9-155-1	8,8	5,5	6,5	-0,39	9,3

Вместе с тем в большинстве семей выделено от 4,2 до 25,0 % сеянцев, превышающих по изучаемому показателю лучшего родителя. Наибольшее их количество выделено в семье 9-113-1 × × Салют, причем прочность плодов этих гибридов составила 7,5–9,2 Н. В семье Комсомольская Правда × Карамелька, несмотря на большой выход трансгрессивных сеянцев (22,2 %), доля прочностягодных гибридов составила 7,9 %, так как родительские формы не отличались высокими значениями изучаемого показателя.

В селекции на высокую прочность ягод заслуживают внимания комбинации скрещиваний Атлант × 11-165-10, Салют × Медвежонок и 1-60-1 × 9-155-1. В гибридном потомстве этих семей выделены от 1 до 3 сеянцев с усилием на раздавливание ягод более 10,1–10,5 Н. Такой уровень прочности плодов обеспечивает высокое качество урожая при любом способе уборки и транспортировке на большие расстояния, при этом не ухудшается консистенция ягод.

ВЫВОДЫ

Среди изученных ремонтантных сортов и форм малины наиболее прочными ягодами отличаются сорта Атлант, Медвежонок, Салют и отборные формы 44-154-2, 1-60-1, 9-113-1, 11-165-10. Уровень прочности их ягод соответствует оптимальному значению признака, обеспечивающему пригодность этих форм для механизированной уборки урожая даже в неблагоприятные сезоны.

Оптимальное значение коэффициента относительной прочности ягод (0,91–0,93) отмечено у сортов Атлант, Карамелька, Поклон Казакову, Жар-птица, Евразия, Медвежонок, Салют, Brice, Sugana и формы 11-165-10.

Наиболее перспективными семьями в селекции на повышенную прочность ягод являются Атлант × 11-165-10, Салют × Медвежонок, 1-60-1 × 9-155-1, 9-113-1 × Салют, 11-165-10 × 1-60-1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. FAOSTAT. – URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (дата обращения: 18.09.2024).
2. Raspberry fresh fruit quality as affected by pectin-and alginate-based edible coatings enriched with essential oils / A. C. Guerreiro, C. M. Gago, M. L. Faleiro [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2015. – № 194. – P. 138–146.
3. Relationship between endogenous ethylene production and firmness during the ripening and cold storage of raspberry (*Rubus idaeus* 'Heritage') fruit / L. Monsalve, M. Bernales, A. Ayala-Raso [et al.] // Horticulturae. – 2022. – Vol. 8, № 3. – P. 262. – DOI: 10.3390/horticulturae8030262.
4. Temporal sequence of cell wall disassembly events in developing fruits. Analysis of raspberry (*Rubus idaeus*) / A. R. Vicente, C. Ortugno, A. L. Powell [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2007. – Vol. 55, № 10. – P. 4119–4124. – DOI: 10.1021/jf063547r.
5. Palonen, P. Fruit color stability, anthocyanin content, and shelf life were not correlated with ethylene production rate in five primocane raspberry genotypes / P. Palonen, C. Weber // Scientia Horticulturae. – 2019. – Vol. 247. – P. 9–16. – DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.088.
6. Евдокименко, С. Н. Современное состояние и перспективы селекции малины / С. Н. Евдокименко, М. А. Подгаецкий // Садоводство и виноградарство. – 2022. – № 4. – С. 5–15.
7. Day, E. Mechanical harvesting of soft fruit / E. Day // The Agricultural Engineer. – 1981. – P. 45–47.
8. Исайкина, Л. Д. Оценка сортов малины на устойчивость к язвенной пятнистости / Л. Д. Исайкина // Ягодоводство Нечерноземья : сб. науч. тр. / НИЗИСНП. – М., 1989. – С. 57–64.
9. Kempler, C. World raspberry production and marketing: industry changes and trends from 1960 to 2010 / C. Kempler, H. K. Hall // Raspberries / ed. by R. C. Funt, H. K. Hall. – Wallingford, 2013. – P. 213–233. – (Crop Production Science in Horticulture ; № 23).
10. Богомолова, Н. И. Оценка сортов малины по плотности ягод в связи с механизированной уборкой урожая / Н. И. Богомолова, М. В. Лупин, С. В. Резвякова // Вестник аграрной науки. – 2022. – Т. 2, № 95. – С. 5–11.
11. Евдокименко, С. Н. Поиск и создание родительских форм малины ремонтантного типа для совершенствования ее сортимента / С. Н. Евдокименко // Садоводство и виноградарство. – 2020. – № 1. – С. 10–16. – DOI: 10.31676/0235-2591-2020-1-10-16.
12. Подгаецкий, М. А. Прочность плодов исходных форм малины и наследование ее в потомстве / М. А. Подгаецкий // Садоводство и виноградарство. – 2019. – № 1. – С. 5–9. – DOI: 10.31676/0235-2591-2019-1-5-9.
13. Fruit firmness and fruit retention strength in raspberry cultivars in Chile / M. P. Bañados, J. P. Zoffoli, A. Soto [et al.] // Acta Horticulturae. – 2002. – Vol. 585. – P. 489–493. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.585.78.
14. Кичина, В. В. Селекция малины и ежевики / В. В. Кичина, И. В. Казаков, Л. А. Грюнер // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Л. В. Баянова [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова. – Орёл, 1995. – С. 368–386.

15. Казаков, И. В. Малина, ежевика и их гибриды / И. В. Казаков, Л. А. Грюнер, В. В. Кичина // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл, 1999. – С. 374–395.

16. Патент RU 140314 U1, МПК A01D 46/24 (2006.01). Прибор для определения усилия отрыва ягод : № 2013146303/13 : заявлено : 16.10.2013 : опубл. : 10.05.2014 / Будко С. И., Даньшина О. В., Сазонов Ф. Ф. ; патентообладатель Брян. гос. с.-х. акад. – 5 с.

17. Уткин, Ю. А. Изучение пригодности сортов к машинной уборке урожая / Ю. А. Уткин, Ю. Ф. Якименко, А. Г. Гурин // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл, 1999. – С. 184–186.

POTENTIAL FOR IMPROVING FRUIT FIRMNESS IN REMONTANT RASPBERRY

S. N. EVDOKIMENKO, V. I. GUBOGLO

Abstract

The aim of this study was to evaluate the potential for developing remontant raspberry genotypes with fruit firmness exceeding that of the best modern cultivars, and to identify promising parental combinations. The physico-mechanical properties of raspberry fruits were studied during 2022–2024. The plant material included 19 remontant raspberry cultivars, 8 selected forms, and 10 hybrid combinations. Throughout the observation period, no genotypes were found with extremely soft fruits (< 3.0 N). Firm berries capable of withstanding crushing forces of 7.6–9.0 N were produced by the cultivars Atlant (st), Medvezhonok, Salyut, and selected forms No. 44-154-2, 1-60-1, 9-113-1, and 11-165-10. According to this criterion, these genotypes meet the requirements for suitability for mechanical harvesting and ensure high fruit quality during transportation and postharvest storage. Of breeding interest are families where seedlings with very firm fruits segregate. Such hybrids were observed in the following crosses: 9-113-1 × Salyut (11.2 %), Atlant × 11-165-10 (8.4 %), 11-165-10 × 1-60-1 (2.9 %), Salyut × Medvezhonok (5.9 %), and 1-60-1 × 9-155-1 (9.3 %).

Keywords: remontant raspberry, breeding, cultivars, hybrid seedlings, fruit firmness, crushing force, relative firmness index.

Поступила в редакцию 07.04.2025