

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

Научная статья
УДК 634.723.1:581.162.31(470.2)
DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-90-102



Изучение самоплодности новых сортов черной смородины коллекции ВИР в условиях Северо-Запада России

О. А. Тихонова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ольга Анатольевна Тихонова, o.tikhonova@vir.nw.ru

Актуальность. Поиск и выделение высокосамоплодных сортов с целью использования их в селекции для создания новых высокопродуктивных сортов и формирования моносортных посадок в промышленном садоводстве является важным.

Материалы и методы. Оценка уровня самоплодности сортов проводили в 2019–2022 гг. на базе генофонда черной смородины ВИР (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»). В качестве объектов исследования были использованы 30 сортов черной смородины, отнесенных по своему происхождению к восьми генетическим группам. При проведении исследований руководствовались общепринятыми методиками. Контролем служило свободное опыление. Анализ полученных данных включал основные параметры, которые позволяют наиболее точно охарактеризовать степень самоплодности сорта, – количество и массу завязавшихся плодов, количество семян и показатель эффективности оплодотворения. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Microsoft Excel и методических рекомендаций Б. А. Доспехова.

Результаты и выводы. Выделены сорта с высоким и стабильным уровнем самоплодности, которые могут служить ценными источниками для использования в селекционных программах. Это сорта 'Партизанка Брянская' (к-45548), 'Ben Gairn' (к-45524), 'Литвиновская' (к-45542), 'Мушкетер' (к-45544), 'Радужная' (к-45549), 'Ben Lomond' (к-32611) и 'Вертикаль' (к-45528). Сорта 'Партизанка Брянская', 'Ben Gairn', 'Мушкетер' и 'Вертикаль' при естественном самоопылении способны завязывать такое же количество плодов, как и при свободном опылении, и могут быть использованы для формирования моносортных посадок. При естественном самоопылении (автогамии) происходит снижение величины ягоды и количества семян в ней. При свободном опылении и искусственном самоопылении отмечено повышение основных показателей, характеризующих самоплодность.

Ключевые слова: *Ribes* L., автогамия, гейтоногамия, свободное опыление, завязываемость ягод, масса ягоды, семенная продуктивность, эффективность оплодотворения

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2022-0004 «Совершенствование подходов и методов *ex situ* сохранения идентифицированного генофонда вегетативно размножаемых культур и их диких родичей, разработка технологий их эффективного использования в селекции».

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Тихонова О.А. Изучение самоплодности новых сортов черной смородины коллекции ВИР в условиях Северо-Запада России. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(4):90-102. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-90-102

COLLECTIONS OF THE WORLD'S CROP GENETIC RESOURCES FOR THE DEVELOPMENT OF PRIORITY PLANT BREEDING TRENDS

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-90-102

Studying self-fertility in new black currant cultivars from the VIR collection in Northwestern Russia

Olga A. Tikhonova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

Corresponding author: Olga A. Tikhonova, o.tikhonova@vir.nw.ru

Background. An important task is to search for and select highly self-fertile cultivars for plant breeding programs and for setting single-cultivar plantings in commercial horticulture.

Materials and methods. Cultivars were assessed for their self-fertility levels at Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR in 2019–2022. Thirty black currant cultivars of eight genetic groups served as the research material. Their levels of self-fertility were tested using conventional techniques. Free pollination served as the control. The resulting data were analyzed according to the main indicators crucial for precise characterization of a cultivar's self-fertility level: fruit setting rate, berry weight, seed yield, and fertilization effectiveness. The data were statistically processed using Microsoft Excel and the guidelines by B. A. Dospelkhov. Fruit setting rate, berry weight, seed yield and fertilization effectiveness were considered for each pollination variant.

Results and conclusion. Cultivars with high and stable self-fertility levels were identified as potential valuable sources for breeding programs: 'Partizanka Bryanskaya' (k-45548), 'Ben Gairn' (k-45524), 'Litvinovskaya' (k-45542), 'Mushketer' (k-45544), 'Raduzhnaya' (k-45549), 'Ben Lomond' (k-32611), and 'Vertikal' (k-45528). Cvs. 'Partizanka Bryanskaya' (k-45548), 'Ben Gairn' (k-45524), 'Mushketer' (k-45544), and 'Vertikal' (k-45528) may be used in single-cultivar plantings because they are able to set the same number of berries under natural self-pollination and free pollination. Natural self-pollination (autogamy) led to a decrease in the size of berries and the number of seeds in them. An increase in the main self-fertility indicators was observed under artificial self-pollination and free pollination.

Keywords: *Ribes* L., autogamy, geitonogamy, free pollination, fruit setting rate, seed number per berry, fertilization effectiveness

Acknowledgements: the research was performed within the framework of the state task according to the theme plan of VIR, Project No. FGEM-2022-0004 "Improving the approaches and methods for *ex situ* conservation of the identified genetic diversity of vegetatively propagated crops and their wild relatives, and development of technologies for their effective utilization in plant breeding".

The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work

For citation: Tikhonova O.A. Studying self-fertility in new black currant cultivars from the VIR collection in Northwestern Russia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(4):90-102. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-90-102

Введение

Высокая продуктивность – один из основных показателей современного сорта. Она зависит от многих факторов, в том числе и от способности сорта завязывать плоды от опыления собственной пылью, то есть самоплодности (Tikhonova, 2019).

В Северо-Западном регионе России цветение черной смородины часто сопровождается прохладной, дождливой погодой с сильными ветрами и частыми возвратами холодов, при которых опыление при помощи насекомых затруднено. В таких условиях трудно переоценить роль высокосамоплодных сортов в формировании урожайности.

Однозначного объяснения причин самобесплодности, равно как и способности сорта к восприятию своей пыльцы, на данный момент не существует.

Исследование семи самобесплодных видов *Ribes L.* было проведено в 1969 г. N. T. Arasu (1970), который установил, что у изученных видов пыльцевые трубки при самоопылении так же, как и при перекрестном опылении, достигают основания столбика и даже проникают в завязь в течение двух-трех дней после опыления, но оплодотворения при этом не происходит из-за самонесовместимости, как считает автор, которая является видовой особенностью.

Ряд исследователей связывает способность сорта завязывать плоды при самоопылении с наличием физиологических или биохимических факторов. Так, И. Ф. Палфитов с соавторами (Palfitov et al., 2010) при изучении самоплодности сортов яблони выявили, что успешность оплодотворения зависит от количества флавонолов и водорастворимых веществ в пыльце и флоризина в столбиках пестиков. Сорта яблони, пыльца которых содержит большее количество флавонолов и водорастворимых веществ (46–55%), проявляют склонность к самоплодности и служат хорошими опылителями при перекрестном опылении. У самобесплодных сортов уровень содержания указанных веществ в пыльце составляет 37–40%. Меньшей способностью к восприятию собственной пыльцы обладают и те сорта, в пестиках которых накапливается 16–20% флоризина (Palfitov, 2017).

Часто степень самоплодности сорта связывают с явлением гетеростилии. Л. Н. Забелина (Zabelina, 1972) предположила, что самоплодные сорта черной смородины имеют рыльца пестиков на одном уровне с пыльниками, а у самобесплодных они расположены выше тычинок. У самоплодных сортов, как правило, эта зависимость соблюдалась, но она оказалась, как указывает автор, далеко не абсолютной. Результаты исследований на межвидовых гибридах показали, что среди самобесплодных гибридов у половины сеянцев рыльца пестиков были расположены выше пыльников, а у другой половины находились на одном уровне с ними. Автор пришла к предварительному заключению о том, что наиболее надежным признаком, сопутствующим фертильности, является не строение цветка, а выровненность ягод в кисти. У самоплодных сеянцев черной смородины ягоды в кисти выровненные, у самобесплодных – невыровненные. Не было обнаружено связи между самофертильностью и положением андроеца и гинецея по отношению друг к другу и в исследованиях А. С. Вавилова (Vavilov, 1980). Аналогичного мнения придерживается и Т. П. Огольцова (Ogol'tsova, 1992), которая считает, что существует немало самоплодных сортов, у которых рыльца пестиков превышают по длине тычиночные нити.

Исследованиями А. Г. Зазулина (Zazulin, 2020) в условиях Беларуси было установлено, что у высокосамоплодных сортов черной смородины и сортов с хорошей самоплодностью рыльца пестиков (за редким исключением) были расположены ниже пыльников или на одном уровне с ними. Однако у среднесамоплодного сорта 'Миля' отмечена лонгестилия, а у сорта 'Рахиль' несмотря на то, что рыльце пестика и пыльники располагались на одном уровне, самоплодность была низкой. Низкая самоплодность сорта 'Рахиль' наблюдалась и в условиях Ленинградской области (Tikhonova, 2019).

Уровень самоплодности может изменяться при возделывании сорта в разных почвенно-климатических зонах, но, как правило, большинство сортов сохраняют присущую им самоплодность (Volodina, 1972).

Т. В. Жидехина и И. В. Гурьева (Zhid'yokhina, Guryeva, 2010) выявили, что хорошей способностью к самоопылению в условиях Центрального Черноземья России обладают сорта черной смородины 'Маленький принц', 'Сенсей', 'Тамерлан' и 'Шалуныя'. Кроме них, наиболее самоплодными и высокопродуктивными сортами, способными обеспечивать ежегодные высокие урожаи на моносортовой промышленной плантации, являются: 'Вернисаж', 'Воспоминание', 'Зеленая дымка', 'Кармелита', 'Stor Klas', 'Черный жемчуг', 'Элевеста' (Zhid'yokhina, Guryeva, 2010). Эти же сорта показывают высокую и хорошую степень самоплодности и в Северо-Западном регионе России (Tikhonova, 2015, 2019).

В условиях Брянской области, по данным Е. Г. Акуленко (Akulenko, 2017), высокий и хороший уровень самоплодности проявляют сорта 'Чара', 'Услада', 'Кудмиг' и 'Подарок Астахову'.

При изучении 115 образцов черной смородины на Коккинском опорном пункте ВСТИСП Ф. Ф. Сазоновым (Sazonov, 2015) установлено, что к числу высокосамоплодных могут быть отнесены сорта 'Ажурная', 'Брянский агат', 'Гаммаюн', 'Грация', 'Дачница', 'Литвиновская', 'Орловский валс', 'Нара', 'Рита', 'Севчанка' и 'Стрелец', которые при самоопылении завязывают более 50% плодов.

В Северо-Западном регионе России высокой и стабильной самоплодностью характеризуются сорта 'Навля', 'Добрыня', 'Толубичка', 'Голосеевский великан', 'Валентина', 'Козацкая', 'Арапка', 'Канахама', 'Фат' (Tikhonova, 2019).

В Кировской области, по данным Т. И. Салтыковой и др. (Saltykova et al., 2019), высокую степень самоплодности проявляют сорта селекции ФАНЦ Северо-Востока 'Аркадия' и 'Сапфир', а также 22 элитные формы, созданные в институте. Хороший уровень самоплодности наблюдается и у сортов 'Мулатка' и 'Шаганэ'.

В Забайкалье высокая самоплодность (> 54%) отмечена у сортов черной смородины селекции Бурятского НИИСХ – 'Забайкалочка', 'Горхон', 'Березовка'. Очень высокой самоплодностью (82–84%) характеризуются сорта 'Воронинская', 'Гайхал', 'Янжай', 'Тона', 'Подарок Калининой', 'Сперанта'. По данным Н. К. Гусевой и О. Н. Папиловой (Guseva, Papilova, 2014), эти сорта являются донорами самоплодности. Даже при низкой самоплодности второго родителя они обеспечивают высокий выход самоплодных сеянцев.

В Беларуси, по данным А. Г. Зазулина (Zazulin, 2020), высокую самоплодность проявляют белорусские сорта 'Катюша', 'Память Вавилова', 'Белорусская сладкая', сорт 'Ruben', интродуцированный из Польши, и румынский сорт 'Geo', гинецей которых расположен на уровне пыльников.

При изучении восьми сортов черной смородины в Польше (Denisow, 2003) было установлено, что степень самоплодности зависит от генотипа сорта, способа опыления и погодных условий. По наблюдениям автора, наибольшее количество плодов (60–70%) было получено при свободном опылении, 44–64% плодов завязалось при искусственном самоопылении и 20% – при естественном самоопылении. Хорошую самофертильность показали сорта 'Öjebyn', 'Ben Nevis', 'Ben Lomond', 'Ben Alder', 'Ben Tirran' и 'Triton'. У них не было выявлено существенной разницы между количеством завязавшихся ягод при искусственном самоопылении, как указывает автор, и контрольном варианте опыления. Несколько меньшую самофертильность показали сорта 'Titania' и 'Ceres' (40 и 45% соответственно). В варианте естественного самоопыления, как отмечает автор (Denisow, 2003), самая высокая завязываемость ягод была отмечена у сорта 'Ben Lomond' (45%). Сорта 'Titania' и 'Ceres' завязывали менее 20% плодов. У остальных изученных сортов количество завязавшихся плодов было на уровне 30%. Работами этого же автора (Denisow, 2006) было показано, что пыльца указанных выше восьми сортов черной смородины имеет высокую жизнеспособность (80–100%), однако ее способность к прорастанию зависит от температурных факторов. В годы с более прохладной погодой во время цветения пыльцевые трубки формировались только у 10–40% пыльцы, в то время как в годы с благоприятными погодными условиями прорастали 50–80% пыльцевых зерен.

Поиск и выделение источников высокой самоплодности для создания новых стабильно урожайных сортов яв-

ляется одной из важных задач селекции. Для промышленного и любительского садоводства высокосамоплодные сорта представляют интерес с точки зрения использования их в монсортовых посадках.

Работ, посвященных изучению завязываемости ягод без участия насекомых-опылителей у сортов черной смородины, особенно в условиях Северо-Западного региона России, немного. Цель нашего исследования заключалась в изучении самоплодности новых сортов, поступивших в коллекцию ВИР в последние годы, выделение наиболее самоплодных из них для последующего использования в селекционных программах и формирования промышленных насаждений.

Материал и методика

Изучение самоплодности сортов проводили в 2019–2022 гг. на коллекции черной смородины научно-производственной базы (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Исследования по каждому сорту проводили в течение не менее трех лет в вариантах опыления: 1) естественное самоопыление без искусственного нанесения пыльцы (автогамия); 2) искусственное самоопыление путем нанесения пыльцы, собранной с нескольких кустов изучаемого сорта (гейтоногамия); 3) свободное опыление, которое служило контролем. При изучении руководствовались общепринятыми методиками (Program and methods..., 1980; Sedov, Ogoltsova, 1999). В качестве объектов исследования были использованы 30 сортов, отнесенных по своему происхождению к восьми генетическим группам (табл. 1). При анализе полученных

Таблица 1. Сорта черной смородины, включенные в исследование
(НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2019–2022 гг.)

Table 1. Black currant cultivars included in the study
(Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2019–2022)

Учреждение-оригинатор	Сорт	Генетическое происхождение*
ВНИИС им. И.В. Мичурина (г. Мичуринск)	Фея Ночи (к-45555)	ESDSk
ВНИИ люпина (г. Брянск)	Партизанка Брянская (к-45548), Литвиновская (к-45542), Селеченская 2 (к-42637)	ESDSk
Кокинский опорный пункт ВСТИСП (Коккино)	Дебрянск (к-45531)	ESDSk
Самарская опытная станция	Вертикаль (к-45528)	ESDCan
НИИСС им. М.А. Лисавенко (г. Барнаул)	Лица (к-45526), Капель (к-45538)	ESDSkBr
Новосибирская ЗПАОС им. И.В. Мичурина (г. Новосибирск)	Августа (к-45525), Соломон (к-45552), Ирмень (45537)	ESDSk
	Дегтяревская (к-45532), Няня (к-45546)	ESD не установлено
ЮНИИСК (г. Челябинск)	Подарок Ильиной (45536)	ESDSk
Свердловская ССС (селекционная станция садоводства, г. Екатеринбург)	Атаман (к-44192), Викторина (к-45525), Мушкетер (к-45544), Фортуна (к-44194)	ESDSk ESDSk
	Перезвон (к-45589)	ESD
Красноярская опытная станция (г. Красноярск)	Кача (к-41185)	ESD

Таблица 1. Окончание
Table 1. The end

Учреждение-оригинатор	Сорт	Генетическое происхождение*
ДВНИИСХ (г. Хабаровск)	Амгунь (к-35807) Таежный Сувенир (к-35808)	ESD PaucD
ИС УААН (Украина, Киев)	Радужная (к-45549)	ESDSkUs
Lithuanian Horticulture Institute (Литва, Каунас)	Gagatai (к-44168)	ESDSk
Research Inst. of Pomology and Floriculture (Польша, Скерневице)	Ceres (к-42511)	ESD
The James Hutton Institute (Шотландия)	Ben Alder (к-45522), Ben Connan (к-45523), Ben Lomond (к-32611) Ben Gairn (к-45524)	ESk ESkUs ESkUs EDSk
Не установлено	Лидия (к-45543)	не установлено

Примечание: **E** – *Ribes nigrum* subsp. *europaeum* Jancz.; **S** – *R. nigrum* subsp. *sibiricum* E. Wolf; **D** – *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz.; **Sk** – скандинавский экотип *R. nigrum* L.; **Us** – *R. ussuriense* Jancz.; **Can** – *R. hudsonianum* var. *canadense* Jancz.; **Br** – *R. bracteosum* Dougl.; **Pauc** – *R. pauciflorum* Turcz. ex Ledeb.

Note: **E** – *Ribes nigrum* subsp. *europaeum* Jancz.; **S** – *R. nigrum* subsp. *sibiricum* E. Wolf; **D** – *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz.; **Sk** – Scandinavian ecotype of *R. nigrum* L.; **Us** – *R. ussuriense* Jancz.; **Can** – *R. hudsonianum* var. *canadense* Jancz.; **Br** – *R. bracteosum* Dougl.; **Pauc** – *R. pauciflorum* Turcz. ex Ledeb.

данных, помимо количества завязавшихся ягод, учитывали основные параметры – среднюю массу ягоды, количество семян и показатель эффективности оплодотворения, которые позволяют наиболее полно оценить уровень самоплодности сорта и отразить качество опыления и оплодотворения по каждому из трех вариантов. Показатель эффективности оплодотворения («урожай 100 цветков») определяли путем умножения завязываемости ягод на среднюю массу ягоды по каждому варианту опыления. Статистическую обработку данных проводили при помощи пакета программ Microsoft Excel и методических рекомендаций (Dospikhov, 1985). Методические данные по вегетационным периодам 2019–2022 гг. были получены в отделе автоматизированных информационных систем (АИС) генетических ресурсов растений.

Погодные условия.

Зимы 2019–2022 гг. были морозными и снежными, без резкой смены низких минусовых температур оттепелями, которые являются губительными для зачатков цветков в смешанных почках ряда сортов черной смородины. Весной 2019, 2021 и 2022 г. холодная погода, которая продержалась длительное время, затормозила на 10–12 дней наступление вегетации и начало цветения. Кроме того, в 2019 г. в I декаде месяца установилась невысокая температура воздуха, сопровождавшаяся осадками. Минимальная температура воздуха составила –0,2...–1,4°C. Установившаяся впоследствии жаркая сухая погода обусловила ускорение процесса раскрытия цветков. Цветение большинства образцов было непродолжительным и составило 8–9 дней, у отдельных образцов – лишь 5–6 дней. В 2020 г. в I декаде – начале II декады мая началось похолодание, и холодная погода держалась до середины III декады мая. Минимальная температура воздуха достигала –2°C; средняя температура составила 10,2°C. В силу этого цветение ультраранних и ранних сортов было затяжным и продолжалось 19 дней. Жаркая погода,

которая пришла на смену похолоданию (рис. 1), ускорила процессы цветения и обусловила быстрое прохождение данной фенофазы у поздних сортов до 5–8 дней. В 2022 г. цветение также проходило при сложных погодных условиях. Теплая погода в начале мая вызвала раннее наступление фенофазы «цветение», а наступившее затем устойчивое похолодание значительно замедлило его и привело к некачественному оплодотворению и, как следствие этого, к опадению завязей у ряда сортов.

Результаты и обсуждение

Полученные данные показали, что количество завязавшихся ягод в зависимости от способа опыления было различным. В первом варианте опыления (автогамии) эта величина находилась в пределах 2,8–75,5%; при искусственном самоопылении – 3,9–89,2%; при свободном опылении завязываемость ягод составила 35,4–78,5%.

В зависимости от количества завязавшихся при естественном самоопылении ягод изучаемые сорта были отнесены в 4 группы самоплодности (табл. 2).

Процентное соотношение сортов, представленных в каждой группе, выглядит следующим образом (рис. 2).

Группа высокосамоплодных сортов (I) объединила 53,4% сортов от общего числа изученных. Процент полезной завязи при автогамии в пределах группы составил в среднем 62,4% при диапазоне вариабельности 50,1–75,7%. В эту группу вошли сорта, являющиеся трех- или четырехгеномными потомками смородины дикуши (см. табл. 1). Помимо них, к этой группе отнесен сорт 'Вертикаль', который содержит гены смородины канадской (*R. hudsonianum* var. *canadense* Jancz.), и сорта 'Радужная' и 'Ben Lomond', в геноме которых присутствуют гены смородины уссурийской (*R. ussuriense* Jancz.) (см. табл. 1).

В группе высокосамоплодных сортов можно выделить восемь сортов с очень высокой самоплодностью – они завязывают при автогамии от 64,8 до 75,5% ягод. Это

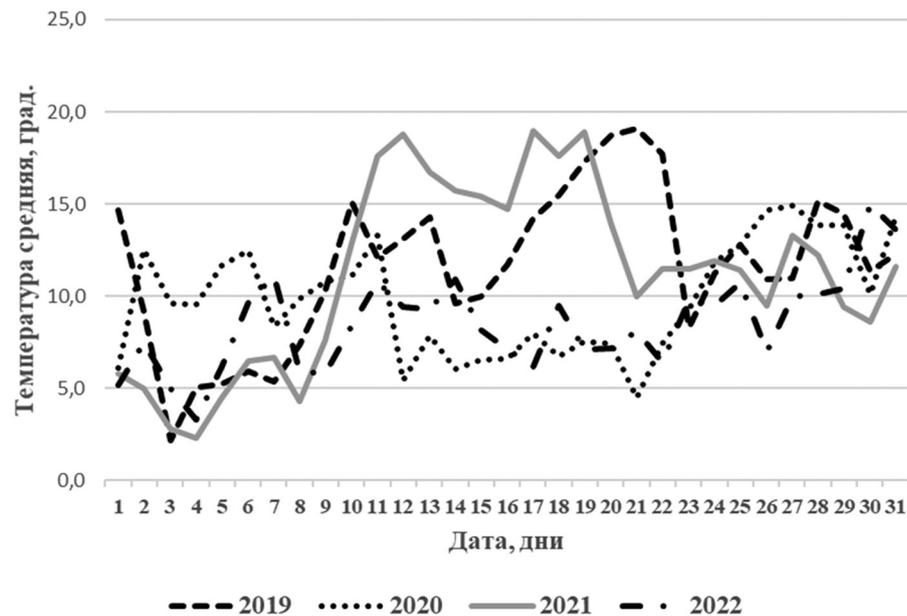


Рис. 1. Метеорологические условия в годы исследований, май 2019–2022 гг. (Санкт-Петербург)

Fig. 1. Weather conditions during the years of the study, May, 2019–2022 (St. Petersburg)

Таблица 2. Характеристика групп сортов по уровню самоплодности (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2019–2022 гг.)

Table 2. Description of the cultivar groups according to their self-fertility levels (Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2019–2022)

Группы сортов по уровню самоплодности	Завязываемость ягод при естественном самоопылении, % min-max	Количество сортов в группе, %
I – высокосамоплодные	50,1–75,7	53,4
II – с хорошей самоплодностью	35,7–49,6	40,0
III – среднесамоплодные	19,8	3,3
IV – низкосамоплодные	2,8	3,3

сорта 'Литвиновская' (рис. 3, а), 'Партизанка Брянская' (рис. 3, б), 'Ben Gairn', 'Мушкетер' и др. (табл. 3). При этом у сортов 'Партизанка Брянская', 'Мушкетер', 'Радужная', 'Ben Gairn', 'Вертикаль' и 'Августа' процент завязавшихся ягод при самоопылении и в контрольном варианте опыления были близки по значениям (см. табл. 3), что свидетельствует о действительно высокой способности этих сортов к опылению собственной пылью и возможности выращивания их в моносортных посадках.

Вариабельность уровня самоплодности среди представителей I группы находилась в пределах 3,1–43,9%. Стабильность признака ($V = 3,1-10,0\%$) при этом была характерна для сортов 'Литвиновская', 'Радужная', 'Вертикаль', 'Мушкетер'. Средняя изменчивость показателя ($V = 11,8-20,0\%$) наблюдалась у сортов 'Партизанка Брянская', 'Перезвон', 'Лица', 'Августа', 'Ceres', 'Gagatai' и 'Ben Gairn'. Значительной изменчивостью показателя ($V = 23,9-37,2\%$) характеризовались сорта 'Дебрянск' и 'Ирмень'.

Во II группу сортов, уровень самоплодности которых был оценен как хороший, отнесены сорта, которые завязывали при самоопылении от 35,7 до 49,6% плодов, или 42,8% в среднем по группе (см. табл. 3). Эти сорта составили 40% от общего числа изученных (см. рис. 2, табл. 2). Как и среди представителей I группы, большинство сортов с хорошей самоплодностью (54,5%) по генетическому происхождению являются производными европейского и сибирского подвидов *R. nigrum* L., смородины дикуши (*R. dikuscha* Fisch. ex Turch.) и скандинавского экотипа *R. nigrum*; 18,2% из них – трехгеномные потомки смородины дикуши. В состав группы вошел также шотландский сорт 'Ben Connan', содержащий гены европейского подвида, скандинавского экотипа *R. nigrum* и *R. ussuriense* (см. табл. 1).

Среди сортов этой группы величины завязываемости ягод при естественном самоопылении и свободном опылении (контроль) были наиболее близкими по значению у сортов 'Няня' и 'Викторина' (см. табл. 3).



Рис. 2. Дифференциация сортов черной смородины по степени самоплодности (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2019–2022 гг.)

Fig. 2. Differentiation of black currant cultivars according to their self-fertility levels (Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2019–2022)

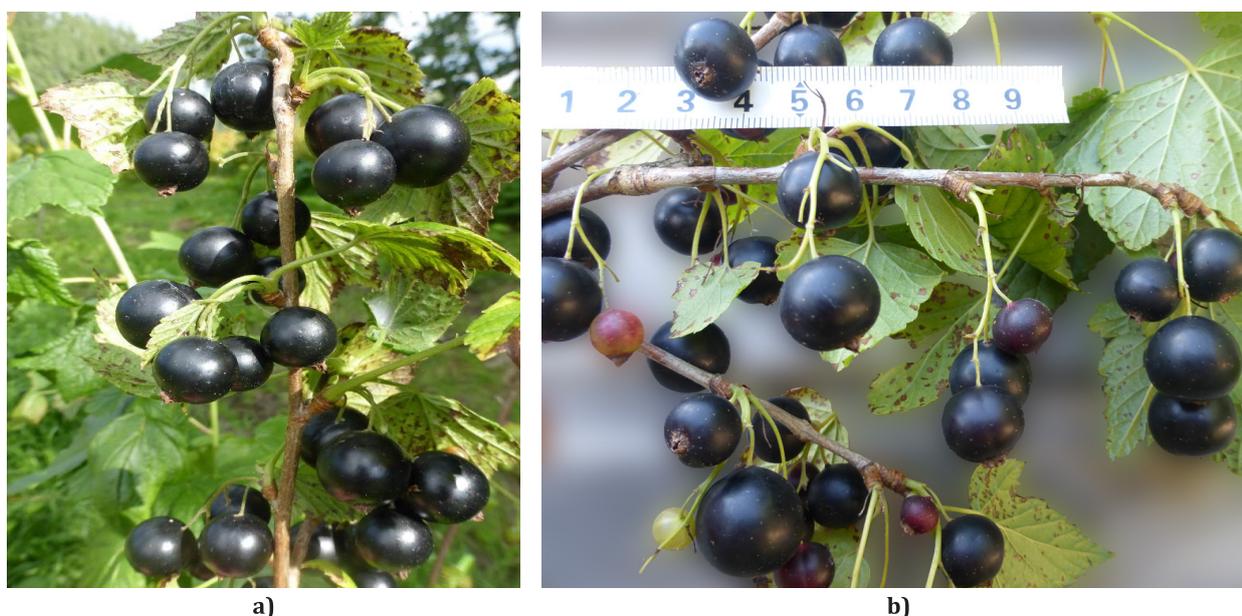


Рис. 3. Высокосамоплодные сорта черной смородины: а – ‘Литвиновская’; б – ‘Партизанка Брянская’

Fig. 3. Highly self-fertile black currant cultivars: a – ‘Litvinovskaya’; b – ‘Partizanka Bryanskaya’

Стабильность уровня самоплодности ($V = 6,8-9,8\%$) в пределах группы наблюдалась лишь у трех сортов (‘Атаман’, ‘Викторина’ и ‘Подарок Ильиной’). Средние значения коэффициента вариации ($V = 11,8-13,3\%$) отмечены у сортов ‘Фортуна’ и ‘Фея Ночи’. Для всех остальных сортов этой группы была характерна высокая вариабельность признака.

Низкую степень самоплодности показал сорт ‘Таежный Сувенир’, являющийся гибридом смородины малозцветковой (*R. pauciflorum* Turch. ex Ledeb.) и смородины дикуши (*R. dikuscha*).

К числу самобесплодных отнесен сорт ‘Кача’, у которого в течение трех лет исследования при самоопылении завязывалось лишь 1,4–6,2% ягод.

Искусственное нанесение пыльцы под изолятором в пределах сорта позволяет наиболее полно оценить его

способность завязывать ягоды в моносортных посадках при условии лета насекомых-опылителей.

Количество завязавшихся ягод в варианте искусственного самоопыления в среднем по всем сортам составило 69,7%, что на 18,5% было выше естественного самоопыления и на 7% – свободного (контрольного) варианта опыления.

Аналогичная закономерность была выявлена и в исследованиях Т. В. Жидехиной с соавторами (Zhidyokhina et al., 2010) при изучении самоплодности сортов черной смородины в условиях Тамбовской области.

Повышение показателей завязываемости ягод при данном контролируемом способе опыления происходит, по-видимому, за счет того, что на рыльце пестика наносится достаточное для нормального опыления и оплодотворения количество пыльцы. Кроме того, под марлевы-

Таблица 3. Основные характеристики уровня самоплодности сортов черной смородины при разных способах опыления
(НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР, 2019–2022 гг.)

Table 3. Main characteristics of self-fertility levels in black currant cultivars under different pollination patterns
(Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2019–2022)

Группы самоплодности	Сорт	Завязываемость ягод, %			Средняя масса ягоды, г <i>m ± x</i>			Количество семян, шт. <i>m ± x</i>			Показатель эффективности оплодотворения, г		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
I	Партизанка Брянская	75,5	79,2	72,1	1,04 ± 0,16	1,42 ± 0,16	1,41 ± 0,10	24 ± 2,3	26 ± 4,4	34 ± 2,6	78,5	112,5	101,7
	Ben Gairn	74,5	89,2	74,8	0,64 ± 0,04	0,69 ± 0,01	0,87 ± 0,08	23 ± 3,2	24 ± 0,7	31 ± 3,2	47,7	61,5	65,1
	Литвиновская	73,6	75,9	63,1	1,18 ± 0,17	2,06 ± 0,80	1,55 ± 0,09	39 ± 1,5	57 ± 3,0	45 ± 5,3	86,8	156,4	97,8
	Мушкетер	72,0	76,9	72,3	0,65 ± 0,03	0,83 ± 0,01	1,05 ± 0,07	27 ± 8,0	31 ± 0,5	49 ± 9,1	46,8	63,8	75,9
	Радужная	71,4	79,2	78,5	0,92 ± 0,07	1,26 ± 0,10	1,13 ± 0,09	30 ± 1,5	36 ± 9,5	34 ± 7,5	65,7	99,8	88,7
	Ben Lomond	70,7	81,5	77,6	0,64 ± 0,06	0,74 ± 0,09	0,92 ± 0,07	34 ± 5,9	36 ± 4,2	46 ± 4,3	45,2	60,3	71,4
	Вертикаль	67,3	86,7	68,4	0,97 ± 0,21	1,25 ± 0,11	1,27 ± 0,07	46 ± 9,3	60 ± 11,9	46 ± 5,2	65,3	108,4	86,9
	Августа	64,8	88,4	68,1	0,84 ± 0,02	0,87 ± 0,09	1,15 ± 0,08	32 ± 7,5	40 ± 2,5	53 ± 5,0	54,4	76,9	78,3
	Лика	57,8	74,2	65,4	0,81 ± 0,05	0,88 ± 0,09	0,83 ± 0,04	12 ± 0,9	15 ± 0,5	23 ± 6,5	46,8	65,3	54,3
	Ceres	57,3	69,4	68,9	0,43 ± 0,04	0,38 ± 0,06	0,66 ± 0,08	21 ± 5,8	18 ± 2,6	26 ± 4,8	24,6	26,4	45,5
	Ирмень	55,9	82,5	66,4	0,80 ± 0,02	0,85 ± 0,06	0,90 ± 0,06	27 ± 1,2	29 ± 4,5	39 ± 6,1	44,7	70,1	59,8
	Дебрянск	53,1	57,4	70,2	0,68 ± 0,06	0,64 ± 0,07	0,85 ± 0,03	18 ± 3,8	27 ± 6,0	35 ± 3,5	36,1	36,7	59,7
	Лидия	51,7	85,9	65,8	0,78 ± 0,03	0,81 ± 0,12	0,83 ± 0,08	23 ± 3,2	25 ± 2,1	27 ± 1,9	40,3	69,6	54,6
Gagatai	51,6	78,8	74,9	0,72 ± 0,08	0,70 ± 0,12	0,83 ± 0,01	20 ± 2,3	26 ± 3,8	36 ± 2,4	37,2	55,2	62,2	
Селеченская 2	51,3	77,4	64,2	0,98 ± 0,10	1,20 ± 0,07	1,26 ± 0,24	20 ± 4,4	25 ± 3,9	18 ± 6,0	50,3	92,9	80,9	
Перезвон	50,1	68,1	61,7	0,81 ± 0,14	0,79 ± 0,12	0,87 ± 0,03	26 ± 2,7	16 ± 2,2	30 ± 3,2	40,6	53,8	53,7	
Среднее по группе		62,4	78,2	69,5	0,81	0,96	1,02	26	31	36	50,7	75,6	71,0

Таблица 3. Окончание
Table 3. The end

Группы самплодности	Сорт	Завязываемость ягод, %			Средняя масса ягоды, г m ± x			Количество семян, шт. m ± x			Показатель эффективности оплодотворения, г		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
II	Ben Alder	49,6	81,5	71,3	0,55 ± 0,04	0,66 ± 0,09	0,41 ± 0,01	14 ± 2,4	20 ± 4,4	14 ± 1,2	27,3	53,8	29,2
	Амгунь	47,9	73,9	62,5	0,80 ± 0,07	0,78 ± 0,13	1,06 ± 0,01	23 ± 2,9	26 ± 1,3	36 ± 1,7	38,3	57,6	66,3
	Няня	46,7	61,5	46,6	0,79 ± 0,09	0,98 ± 0,10	1,17 ± 0,05	29 ± 7,1	40 ± 7,1	65 ± 6,8	36,9	60,3	54,5
	Подарок Ильиной	44,8	55,9	53,9	0,73 ± 0,15	1,00 ± 0,13	0,90 ± 0,07	23 ± 1,0	41 ± 1,4	51 ± 2,5	32,7	55,9	48,5
	Фея Ночи	44,5	69,1	62,9	0,74 ± 0,07	0,68 ± 0,06	0,88 ± 0,04	20 ± 1,2	26 ± 4,0	46 ± 1,4	32,9	46,9	55,4
	Капель	42,7	58,2	62,4	0,91 ± 0,03	0,88 ± 0,13	1,07 ± 0,33	20 ± 1,9	26 ± 1,5	27 ± 1,3	38,9	51,2	66,8
	Фортуна	42,5	66,6	61,4	1,19 ± 0,16	1,08 ± 0,09	1,32 ± 0,05	38 ± 4,0	36 ± 3,8	40 ± 6,0	50,6	71,9	81,0
	Соломон	41,5	72,5	54,2	0,79 ± 0,11	0,69 ± 0,02	0,99 ± 0,08	33 ± 5,6	35 ± 6,3	49 ± 4,3	32,8	50,0	53,7
	Викторина	41,4	56,9	41,2	0,87 ± 0,05	0,90 ± 0,03	1,14 ± 0,08	24 ± 0,5	32 ± 7,0	43 ± 4,9	36,0	51,2	46,9
	Ben Connan	39,1	66,7	52,3	0,45 ± 0,02	0,69 ± 0,09	0,69 ± 0,03	14 ± 3,5	18 ± 6,5	15 ± 2,5	17,6	46,0	36,1
	Дегтяревская	36,9	68,5	54,7	1,13 ± 0,05	0,94 ± 0,12	1,33 ± 0,16	25 ± 2,0	33 ± 8,5	36 ± 4,7	41,7	64,4	72,8
	Атаман	35,7	57,6	52,1	0,77 ± 0,02	1,39 ± 0,03	1,18 ± 0,05	22 ± 2,4	32 ± 7,2	37 ± 4,3	27,5	80,1	61,5
		Среднее по группе	42,8	65,7	56,3	0,81	0,89	1,01	24	30	38	34,4	57,4
III	Таежный сувенир	19,8	48,3	59,7	0,36 ± 0,05	0,66 ± 0,14	0,55 ± 0,02	8 ± 2,5	17 ± 6,0	9 ± 2,3	7,1	31,9	32,8
IV	Кача	2,8	3,9	35,4	0,76 ± 0,09	1,10 ± 0,03	1,00 ± 0,02	7 ± 1,2	9 ± 3,4		2,1	4,3	35,4
	Среднее по всем группам	51,2	69,7	62,7	0,79	0,93	1,0	24	29	35	41,1	64,5	62,6
	Min	2,8	3,9	35,4	0,36	0,38	0,41	7	9	9	2,1	4,3	29,2
	Max	75,5	89,2	78,5	1,19	2,06	1,55	46	60	65	86,8	156,4	101,7
	НСР₀₅	27,9	25,2	20,2	0,45	0,63	0,49	17,1	21,5	23,7			

Примечание: 1 – естественное самоопыление (автогамия); 2 – искусственное самоопыление (геитогамия); 3 – свободное (контрольное) опыление
 Note: 1 – natural self-pollination (autogamy); 2 – artificial self-pollination (geitonogamy); 3 – free pollination (control)

ми изоляторами, на наш взгляд, создаются более благоприятные условия для ее прорастания.

При изучении самоплодности сортов груши И. А. Пучкин (Puchkin, 2015) также отмечал положительное влияние искусственного самоопыления на завязываемость плодов. Исследователь предположил, что это может быть связано со стимулирующим действием энзимов пыльцы. Негативное влияние автогамии на завязываемость плодов он объясняет недостаточным количеством пыльцы, попадающей на рыльце пестика при этом способе опыления.

Значения коэффициента вариации (V) в данном варианте опыления колебались в широких пределах (от 2,6 до 55,5%). Стабильный уровень самофертильности наблюдался лишь у двух сортов – ‘Викторина’ ($V = 2,6\%$) и ‘Дебрянск’ ($V = 5,1\%$). Средняя степень изменчивости признака ($V = 10,6–20\%$) была характерна для 40,7% сортов.

Количество сформировавшихся и созревших при свободном опылении ягод в среднем составило 62,7%, что на 11,5% было выше, чем при автогамии. У сортов I и II группы величина превышения показателя в зависимости от сорта колебалась от 0,3% (‘Мушкетер’, ‘Ben Gairn’) до 21,1% (‘Ben Alder’). Исключение составил высокосамоплодный сорт ‘Литвиновская’, у которого при автогамии ягод в среднем завязалось больше, чем при свободном опылении (см. табл. 3), что может быть связано, на наш взгляд, с более чувствительной реакцией сорта на сложные условия цветения в 2019 и 2022 г., когда, по-видимому, под изоляторами создались более благоприятные условия для опыления и оплодотворения, чем при свободном опылении на открытом воздухе, в силу чего завязалось не только больше ягод, но также наблюдалось и меньшее опадение завязей.

У низкосамоплодного сорта ‘Таежный Сувенир’ и самобесплодного сорта ‘Кача’ в контрольном варианте опыления ягод завязалось больше, чем при автогамии, на 39,9% и 32,6% соответственно. При этом у подавляющего большинства сортов (76,9%) отмечена слабая и средняя вариабельность показателя. Значительная изменчивость признака ($V > 20\%$) наблюдалась лишь у 23,1% изучен-

ных сортов, таких как ‘Амгунь’, ‘Ceres’, ‘Ирмень’, ‘Фея Ночи’, ‘Атаман’.

Для более правильной оценки полученных данных мы оценивали не только процент завязавшихся ягод по всем трем способам опыления, но и такие показатели, как величина ягоды и количество семян в ней.

Ягоды, завязавшиеся при автогамии, уступали по своей величине двум другим вариантам опыления. Так, показатели средней массы ягоды при самоопылении варьировали в зависимости от сорта от 0,36 г (‘Таежный Сувенир’) до 1,19 г (‘Фортуна’) при среднем их значении 0,79 г. При этом 20,8% сортов (‘Августа’, ‘Дегтяревская’, ‘Ирмень’, ‘Ben Connan’ и др.) сохраняли стабильность признака ($V = 3,8–7,9\%$). Средняя изменчивость массы ягоды ($V = 11,1–19,7\%$) отмечена у 45,9% изученных сортов. У остальных 33,3% сортов отмечены значительные колебания показателя.

При искусственном самоопылении (гейтоногамии) величина средней массы образовавшихся ягод варьировала от 0,64 г до 2,06 г при среднем значении 0,93 г (см. табл. 3); превышение параметра в данном случае по сравнению с автогамией составило в среднем по всем сортам 0,14 г. При этом 18,5% сортов (‘Няня’, ‘Ирмень’, ‘Соломон’, ‘Селеченская 2’, ‘Ben Gairn’) характеризовались стабильностью признака ($V = 1,01–5,7\%$); 29,6% (‘Августа’, ‘Перезвон’, ‘Фортуна’, ‘Вертикаль’, ‘Лица’, ‘Радужная’ и др.) имели среднюю вариабельность показателя. У 33,3% изученных сортов (‘Партизанка Брянская’, ‘Литвиновская’, ‘Gagatai’, ‘Ben Lomond’, ‘Ben Alder’ и др.) отмечена значительная вариабельность средней массы ягоды при данном способе опыления ($V = 21,1–30,0\%$).

Средняя масса ягоды при свободном опылении по величине превосходила аналогичные показатели при двух других способах опыления (рис. 4). Она составила в среднем 1,0 г при вариабельности 0,41–1,55 г и характеризовалась при этом большей стабильностью – слабую и среднюю степень изменчивости признака имели 51,9% и 37,0% изученных сортов соответственно. Лишь у 11,1% сортов (‘Августа’, ‘Селеченская 2’ и ‘Ceres’) вариабельность показателя была значительной ($V = 22,9–32,5\%$).

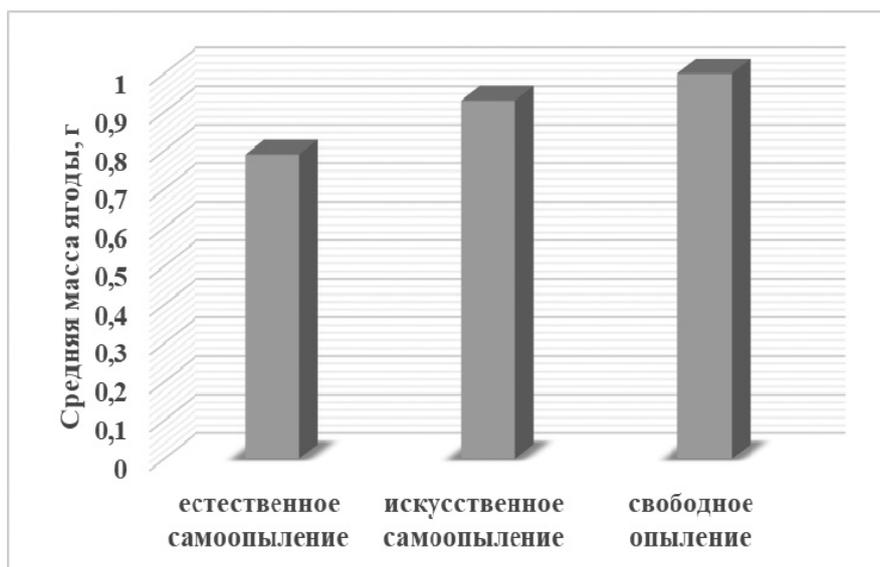


Рис. 4. Величина показателя «средняя масса ягоды» при разных способах опыления (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2019–2022 гг.)

Fig. 4. Average berry weight values under different pollination patterns (Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2019–2022)

В более ранних исследованиях (Tikhonova, 2019) нами было отмечено, что завязавшиеся при самоопылении ягоды уступают по своей величине плодам, полученным от свободного опыления и особенно от искусственного самоопыления. Это предположение согласуется с мнением К. В. Кондрашовой (Kondrashova, 1972), которая отмечала, что по количеству завязавшихся плодов и образовавшихся семян гейтогамия имеет явное преимущество по сравнению с автогамией. Исследователем было установлено также, что при автогамии, помимо меньшего процента образовавшихся плодов и меньшего количества семян на один опыленный цветок, наблюдалась и задержка прорастания пыльцы.

В нашем исследовании наблюдалась аналогичная закономерность. Исключение составили отдельные сорта – ‘Амгунь’, ‘Дебрянск’, ‘Капель’, ‘Перезвон’, ‘Соломон’, ‘Фея Ночи’, ‘Gagatai’ и ‘Ceres’; у них отмечено незначительное повышение показателя (на 0,02–0,06 г) при самоопылении по сравнению с гейтогамией. У сорта ‘Дегтяревская’ средняя массы ягоды при автогамии была на 0,19 г больше величины ягод, образовавшихся при искусственном самоопылении.

Величина семенной продуктивности при разных способах опыления показана на рисунке 5, из которого следует, что самое меньшее количество семян (24 штуки в одной ягоде) образовалось при самоопылении,

опылении составила 0,64–0,65 г, имели невысокие значения показателя (см. табл. 3).

Из числа сортов II группы самые высокие значения признака имел крупноплодный сорт ‘Фортуна’ и чуть ниже – сорт ‘Дегтяревская’, также характеризующийся крупноплодностью. Минимальные значения параметра отмечены у шотландского сорта ‘Ben Connan’. У остальных сортов значения показателя были средними – 32,7–37,2 г (см. табл. 3).

При искусственном самоопылении «урожай 100 цветков» составил в среднем 64,5 г и варьировал от 26,4 до 156,4 г. Самые высокие значения показателя имели высокосамоплодные, крупноплодные сорта ‘Партизанка Брянская’, ‘Литвиновская’, ‘Вертикаль’, ‘Радужная’, ‘Селеченская 2’ и сорт с хорошей самоплодностью ‘Атаман’. Самыми низкими значениями характеризовались низкосамоплодный сорт ‘Таежный Сувенир’ и самобесплодный сорт ‘Кача’.

Средняя величина показателя эффективности оплодотворения по всем изученным сортам в контрольном варианте опыления составила 62,6 г при диапазоне варьирования от 29,2 до 101,7 г. Как и в первых двух вариантах опыления максимальная величина этого параметра была характерна для высокосамоплодных, крупноплодных сортов ‘Партизанка Брянская’, ‘Литвиновская’, ‘Радужная’ и ‘Вертикаль’.

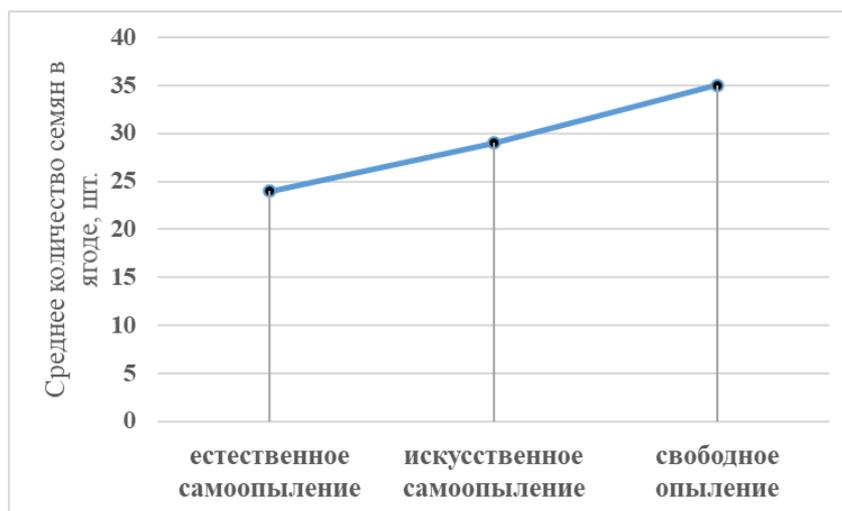


Рис. 5. Величина семенной продуктивности черной смородины в зависимости от способа опыления (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2019–2022 гг.)

Fig. 5. Seed yield values in black currant berries depending on the pollination pattern (Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2019–2022)

а самое большое (35 семян) сформировалось при контрольном варианте опыления. В таблице 3 приведены величины данного показателя по всем изученным сортам и их средние значения по каждому варианту опыления.

Показатель эффективности оплодотворения при автогамии варьировал от 2,1 г (‘Кача’) до 86,8 г (‘Литвиновская’) при среднем значении 41,1 г. Высокосамоплодные сорта с крупными по величине ягодами имели наиболее высокие значения данного показателя. К числу таких сортов относятся ‘Партизанка Брянская’, ‘Литвиновская’, ‘Радужная’ и ‘Вертикаль’, «урожай 100 цветков» которых составил 65,3–86,8 г. В отличие от них, высокосамоплодные сорта ‘Ben Gairn’, ‘Ben Lomond’ и ‘Мушкетер’, средняя масса ягоды которых при естественном само-

Заключение

Проведенное изучение позволило выявить, что подавляющее большинство изученных сортов в условиях Северо-Запада России обладают высоким и хорошим уровнем самоплодности.

Наиболее высокая способность к опылению своей пылью без участия насекомых-опылителей присуща сортам ‘Партизанка Брянская’ (к-45548), ‘Ben Gairn’ (к-45524), ‘Литвиновская’ (к-45542), ‘Мушкетер’ (к-45544), ‘Радужная’ (к-45549), ‘Ben Lomond’ (к-32611) и ‘Вертикаль’ (к-45528). У этих же сортов отмечена слабая и средняя степень изменчивости признака. Они являются источниками высокой самоплодности для использования в селекционных программах.

Завязываемость ягод при автогамии, наиболее близкая по значению к свободному (контрольному) опылению и свидетельствующая о действительно высоком уровне самоплодности и возможности их выращивания в моносортных посадках, наблюдалась у сортов 'Партизанка Брянская', 'Ben Gain', 'Мушкетер', 'Вертикаль'.

Наибольшая эффективность оплодотворения по всем изученным способам опыления характерна для высокосамоплодных, крупноплодных сортов 'Партизанка Брянская', 'Литвиновская', 'Радужная', 'Вертикаль'.

Естественное самоопыление негативным образом сказывается на величине плода и семенной продуктивности. Свободное и искусственное самоопыление, напротив, ведет к увеличению данных показателей.

References / Литература

- Akulenko E.G. Self-fertilization and yield of new black currants' lines bred in the Russian Lupin Research Institute. *VESTNIK of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2017;2(60):28-30. [in Russian] (Акуленко Е.Г. Самоплодность и урожайность новых сортообразцов смородины черной селекции ФБГНУ ВНИИ люпина. *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017;2(60): 28-30).
- Arasu N.T. Self-incompatibility in *Ribes*. *Euphytica*. 1970;19:373-378. DOI: 10.1007/BF01904216
- Denisov B. Self-pollination and self-fertility in eight cultivars of black currant (*Ribes nigrum* L.). *Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica*. 2003;45(1):111-114.
- Denisov B. The biological value of pollen of some black currant cultivars (*Ribes nigrum* L.). *Acta Agrobotanica*. 2006;59(1):147-154. DOI: 10.5586/aa.2006.015
- Dospikhov V.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов В.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат; 1985).
- Guseva N.K., Papilova O.N. Breeding and technological berry qualities of Buryat cultivars of black currant. *Contemporary Horticulture*. 2014;2(10):34-37. [in Russian] (Гусева Н.К., Папилова О.Н. Селекционные и технологические показатели бурятских сортов смородины черной. *Современное садоводство*. 2014;2(10):34-37).
- Kondrashova K.V. The effect of self-pollination on the black currant progeny (Vliyaniye samoopyleniya na potomstvo chernoy smorodiny). In: *Black Currant Cultivation in the USSR (Kultura chernoy smorodiny v SSSR)*. Moscow; 1972. p.466-473. [in Russian] (Кондрашова К.В. Влияние самоопыления на потомство черной смородины. В кн.: *Культура черной смородины в СССР*. Москва; 1972. С.466-473).
- Ogoltsova T.P. Black currant breeding: past, present, and future (Seleksiya chernoy smorodiny – proshloye, nastoyashcheye, budushcheye). Tula; 1992. [in Russian] (Огольцова Т.П. Селекция черной смородины – прошлое, настоящее, будущее. Тула; 1992).
- Palfitov I.F. Forecasting the fertility of apple varieties and choosing the best pollinators among them by the content of flavonoids in the reproductive structures of their flowers. Monograph (Prognozirovaniye plodovitosti sortov yabloni i vybor luchshikh sredi nikh opyliteley po sodержaniyu flavonoidov v reproduktivnykh strukturakh ikh tsvetkov. Monografiya). Michurinsk: Michurinsk State Agrarian University; 2017. [in Russian] (Палфитов В.Ф. Прогнозирование плодovitости сортов яблони и выбор лучших среди них опылителей по содержанию флавоноидов в репродуктивных структурах их цветков. Монография. Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет; 2017).
- Palfitov V.F., Kozlov N.E., Molodtsov M.A. Endogenous factors of compatibility for apple trees varieties during pollination. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2010;(2):41-46. [in Russian] (Палфитов В.Ф., Козлов Н.Е., Молодцов М.А. Эндогенные факторы совместимости сортов яблони при опылении. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2010;(2):41-46).
- Program and methods for studying varieties of fruit, berry and nut crops (Programma i metodika sortoizucheniya plodovoykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur). Michurinsk: VNIIS; 1980. [in Russian] (Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Мичуринск: ВНИИС; 1980).
- Puchkin I.A. Self-fertility of pear cultivars approved for cultivation in Altai Territory (Samoplodnost sortov grushi, rayonirovannykh v Altayskom krae). In: *Competitive Cultivars and Technologies for High-Efficiency Horticulture. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference; June 2–5, 2015; Orel (Konkurentosposobnye sorta i tekhnologii dlya vysokoeffektivnogo sadovodstva. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii; 2–5 iyunya 2015 g.; g. Orel)*. Orel: VNIISPK; 2015. p.154-157. [in Russian] (Пучкин И.А. Самоплодность сортов груши, районированных в Алтайском крае. В кн.: *Конкурентоспособные сорта и технологии для высокоэффективного садоводства. Материалы международной научно-практической конференции; 2–5 июня 2015 г.; г. Орел*. Орел: ВНИИСПК; 2015. С.154-157).
- Saltykova T.I., Vakhrusheva N.S., Sofronov V.P. Self-fertility of cultivars and elite forms of black currant developed at the Federal Agricultural Research Center of the North-East (Samoplodnost sortov i elitnykh form smorodiny chernoy selektsii FBGNU FANTs Severo-Vostoka). In: *Methods and Technologies in Plant Breeding and Crop Production. Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference; April 1–6, 2019; Kirov (Metody i tekhnologii v selektsii rasteniy i rasteniyevodstve. Materialy V mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii; 1–6 aprelya 2019 g.; g. Kirov)*. Kirov; 2019. p.120-122. [in Russian] (Салтыкова Т.И., Вахрушева Н.С., Софронов В.П. Самоплодность сортов и элитных форм смородины черной селекции ФБГНУ ФАНЦ Северо-Востока. В кн.: *Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. Материалы V международной научно-практической конференции; 1–6 апреля 2019 г.; г. Киров*. Киров; 2019. С.120-122).
- Sazonov F.F. Biological potential of black currant and possibilities of its implementation in new cultivars (Biologicheskii potentsial smorodiny chernoy i vozmozhnosti ego realizatsii v novykh sortakh). In: *Competitive Cultivars and Technologies for High-Efficiency Horticulture. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference; June 2–5, 2015; Orel (Konkurentosposobnye sorta i tekhnologii dlya vysokoeffektivnogo sadovodstva. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii; 2–5 iyunya 2015 g.; g. Orel)*. Orel: VNIISPK; 2015. p.167-170. [in Russian] (Сазонов Ф.Ф. Биологический потенциал смородины черной и возможности его реализации в новых сортах. В кн.: *Конкурентоспособные сорта и технологии для высокоэффективного садоводства. Материалы международной научно-практической конференции; 2–5 июня 2015 г.; г. Орел*. Орел: ВНИИСПК; 2015. С.167-170).

- Sedov E.N., Ogoltsova T.P. (eds). Program and methodology of variety studies for fruit, berry and nut crops (Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur). Orel: VNIISPК, 1999. [in Russian] (Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК; 1999).
- Tikhonova O.A. Evaluation of self-fertility in black currant cultivars in the Northwest of Russia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2019;180(2):60-72. [in Russian] (Тихонова О. А. Оценка самоплодности сортов черной смородины в условиях Северо-Запада России. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(2):60-72). DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-60-72
- Tikhonova O.A. Self-fertility of black currant cultivars. *Contemporary Horticulture*. 2015;1(13):39-53. [in Russian] (Тихонова О.А. Самоплодность сортов черной смородины. *Современное садоводство*. 2015;1(13):39-53).
- Vavilov A.S. Self-fertility and self-sterility of cultivars and species of black currant (Samofertilnost i samosterilnost sortov i vidov chernoy smorodiny). In: *Black Currant Breeding (Seleksiya chernoy smorodiny)*. Novosibirsk; 1980. p.111-115. [in Russian] (Вавилов А.С. Самофертильность и самостерильность сортов и видов черной смородины. В кн.: *Селекция черной смородины*. Новосибирск; 1980. С.111-115).
- Volodina E.V. Biology of black currant flowering (Biologiya tsveteniya chernoy smorodiny). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1972;46(2):157-167. [in Russian]. (Володина Е.В. Биология цветения черной смородины. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*, 1972;46(2):157-167).
- Zabelina L.N. About the selection of black currant seedlings for self-fertility (Ob otbore seyantsev chernoy smorodiny na samoplodnost). In: *Black Currant Cultivation in the USSR (Kultura chernoy smorodiny v SSSR)*. Moscow; 1972. p.494-497. [in Russian] (Забелина Л.Н. Об отборе сеянцев черной смородины на самоплодность. В кн.: *Культура черной смородины в СССР*. Москва; 1972. С.494-497).
- Zazulin A.G. Assessment of self-fertility of black currant in the conditions of Belarus. *Fruit Growing*. 2020;23:211-219. [in Russian] (Зазулин А.Г. Оценка самоплодности смородины черной в условиях Беларуси. *Плодоводство*. 2020;23:211-219).
- Zhidyokhina T.V., Guryeva I.V. Self-fertility of black currant cultivars in Tambov region. *Fruit Growing*. 2010;22(1):251-255. [in Russian] (Жидехина Т.В., Гурьева И.В. Самоплодность сортов смородины черной в условиях Тамбовской области. *Плодоводство*. 2010;22(1):251-255).
- Zhidyokhina T.V., Guryeva I.V., Frolova L.A. Comparative characteristics of self-fertility in black currant cultivars under the conditions of the Central Black-Earth Region (Sравnitelnaya kharakteristika samoplodnosti sortov smorodiny chernoy v usloviyakh TsChR). *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2010;23:163-167. [in Russian] (Жидехина Т.В., Гурьева И.В., Фролова Л.А. Сравнительная характеристика самоплодности сортов смородины черной в условиях ЦЧР. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2010;23:163-167).

Информация об авторе

Ольга Анатольевна Тихонова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, o.tikhonova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0319-1477>

Information about the author

Olga A. Tikhonova, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, o.tikhonova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0319-1477>

Статья поступила в редакцию 10.04.2023; одобрена после рецензирования 12.10.2023; принята к публикации 05.12.2023. The article was submitted on 10.04.2023; approved after reviewing on 12.10.2023; accepted for publication on 05.12.2023.