

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

Научная статья
УДК 634.723.1:634.1.581.19(470.2)
DOI: 10.30901/2227-8834-2025-2-92-107



Основные показатели питательной и биологической ценности плодов черной смородины в условиях Северо-Запада России

О. А. Тихонова, А. Е. Смоленская, В. С. Попов

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

Автор, ответственный за переписку: Виталий Сергеевич Попов, popovitaly@yandex.ru

Актуальность. Изучение химического состава ягод новых сортов дает возможность пополнения знаний о важнейших биохимических компонентах плодов и позволяет выделить наиболее ценные образцы с повышенным уровнем аккумуляции питательных и биологически активных веществ для использования их в селекционных программах и практических целях.

Материалы и методы. Объектами исследования служили 36 образцов из генофонда черной смородины ВИР. Изучение биохимического состава плодов проводили в 2019–2021 гг. в лаборатории биохимии и молекулярной биологии ВИР с использованием традиционных методик. При статистической обработке данных использовали программу Microsoft Excel и методические указания Б. А. Доспехова.

Результаты и заключение. В условиях Северо-Запада России плоды черной смородины содержат 15,3–25,7% сухих веществ, 8,3–15,1% сахаров, 2,0–3,3% кислот, 96,7–255,3 мг% аскорбиновой кислоты и 148,4–442,3 мг% антоцианов. Выделены сорта с высоким уровнем накопления отдельных компонентов химического состава – сухих веществ, сахаров, аскорбиновой кислоты, антоцианов – и низким содержанием общих кислот для использования в селекции. Комплексным сочетанием лучших показателей биохимического состава плодов обладают сорта 'Навля' (к-42228), 'Арапка' (к-44175), 'Gagatai' (к-44168), 'Свитязянка' (к-41979), 'Elo' (к-44171), 'Karri' (к-44172), 'Валентина' (к-49786). Из всех изученных компонентов наибольшую стабильность имела концентрация сухих веществ в плодах.

Ключевые слова: *Ribes* L., сухие вещества, сумма сахаров, аскорбиновая кислота, титруемая кислотность, антоцианы

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2025-0004 «Совершенствование подходов и методов *ex situ* сохранения идентифицированного генофонда плодовых, ягодных культур, винограда и их диких родичей, разработка технологий их эффективного использования в селекции».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Тихонова О.А., Смоленская А.Е., Попов В.С. Основные показатели пищевой и биологической ценности плодов черной смородины в условиях Северо-Запада России. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2025;186(2):92-107. DOI: 10.30901/2227-8834-2025-2-92-107

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

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2025-2-92-107

Main indicators of nutritional and biological value in black currant berries under the conditions of Northwest Russia

Olga A. Tikhonova, Anastasia E. Smolenskaya, Vitaliy S. Popov

*N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia***Corresponding author:** Vitaliy S. Popov, popovitaly@yandex.ru

Background. Studying the chemical composition in the berries of new cultivars makes it possible to replenish the knowledge about the most important biochemical components of fruits and identify the most valuable genotypes with enhanced accumulation of nutrients and bioactive compounds for breeding programs and practical purposes.

Materials and methods. Thirty-six black currant accessions from the VIR collection served as the material for this study. The biochemical composition of their fruits was analyzed in 2019–2021 at VIR's Laboratory of Biochemistry and Molecular Biology using conventional techniques. The Microsoft Excel software and B. A. Dospekhov's guidelines were used for statistical data processing.

Results and conclusion. Berries of black currants grown in Northwest Russia contained 15.3–25.7% of dry matter, 8.3–15.1% of sugars, 2.0–3.3% of acids, 96.7–255.3 mg% of ascorbic acid, and 148.4–442.3 mg% of anthocyanins. Cultivars were identified for enhanced accumulation of individual chemical components (dry substances, sugars, ascorbic acid, and anthocyanins) and low total acid content. They can be employed in breeding practice. Fruits of cvs. 'Navlya' (k-42228), 'Arapka' (k-44175), 'Gagatai' (k-44168), 'Svityazyanka' (k-41979), 'Elo' (k-44171), 'Karri' (k-44172), and 'Valentina' (k-49786) exhibited a complex combination of the best values in their biochemical composition. Among all the studied components, the concentration of dry substances in fruits had the greatest stability.

Keywords: *Ribes* L., dry substances, total sugars, ascorbic acid, titrated acidity, anthocyanins

Acknowledgements: the study was performed within the framework of the state task according to the theme plan of VIR, Project No. FGEM-2025-0004 "Improving the approaches and methods for *ex situ* conservation of the identified genetic diversity of fruit and berry crops, grapes, and their wild relatives, and development of technologies for their effective utilization in plant breeding".

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Tikhonova O.A., Smolenskaya A.E., Popov V.S. Main indicators of nutritional and biological value in black currant berries under the conditions of Northwest Russia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2025;186(2):92-107. DOI: 10.30901/2227-8834-2025-2-92-107

Введение

Черная смородина – популярная ягодная культура, плоды которой по энергетической и витаминной значимости в рациональном питании человека сложно переоценить (Strel'tsina, Tikhonova, 2010). Главным достоинством ягод является высокое содержание в них аскорбиновой кислоты при низком содержании ферментов, ее разрушающих. Этим обеспечивается высокая сохранность витамина С в продуктах переработки (Sokolov, Zamotaev, 1988). Помимо аскорбиновой кислоты, ягоды черной смородины содержат Р-активные вещества (флавонолы, флаваны, фенолкарбоновые кислоты). Витамины С и Р содержатся в ягодах в легко усвояемой форме. Этим черная смородина выгодно отличается от других плодовых культур. Сочетание витаминов С и Р очень важно для человека, организм которого не способен синтезировать ни то, ни другое соединение (Samorodova-Bianki et al., 1992). Ягоды являются источником органических кислот (2,0–4,3%, преобладающей является лимонная кислота) и благоприятно сбалансированных сахаров (10–14%), отличаются высоким содержанием глюкозы и фруктозы (в практически равном соотношении) и низким – сахарозы. Они содержат минеральные вещества, провитамин А, витамины группы В, К, Е, РР, кумарины, фурукумарины, дубильные, пектиновые и красящие вещества, эфирные масла, многоатомные спирты и др. (Shirko, Yarochevich, 1991; Vitkovsky, 2003; Makarkina, Yanchuk, 2009).

Современные селекционные программы по черной смородине обязательно включают задания по созданию сортов с высокой питательной и витаминной ценностью плодов и их улучшенными вкусовыми качествами. Знания о наиболее важных компонентах химического состава плодов, которые определяют эти характеристики, очень важны, поскольку позволяют выделить и привлечь в селекционный процесс лучшие генотипы по степени выраженности и стабильности как отдельного признака, так и комплекса наиболее важных показателей.

Во Всероссийском научно-исследовательском институте плодовых культур (ВНИИСПК, г. Орел) доктором сельскохозяйственных наук Т. П. Огольцовой разработана модель «идеального сорта» черной смородины, которая наряду с важнейшими морфометрическими и другими показателями включает определенные требования и к качеству продукции. Так, согласно этим требованиям плоды «идеального сорта» черной смородины должны содержать: > 200 мг/100 г аскорбиновой кислоты, > 20% растворимых сухих веществ, > 10% сахаров, < 3% органических кислот и > 200 мг/100 г антоциановых веществ (Ogoltsova, 1992).

Генофонд черной смородины ВИР ежегодно пополняется новыми образцами, которые проходят всестороннее изучение, направленное на выделение источников важнейших биолого-хозяйственных признаков для использования в селекции и лучших сортов для возделывания в промышленном и любительском садоводстве. Помимо оценки устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды, изучения биологии цветения и плодоношения, все образцы коллекции проходят проверку и на качество плодов.

Потребительские качества плодов помимо основных морфометрических показателей определяются и их биохимическим составом. В связи с этим определение химического состава плодов является непременным и обязательным условием изучения образцов коллекции.

Задача нашего исследования состояла в изучении химического состава ягод новых образцов из генофонда черной смородины ВИР с целью выделения генотипов с высокими показателями хозяйственной ценности для последующего использования в селекции.

Материалы и методы

Объектами изучения служили 34 образца отечественной и зарубежной селекции и два контрольных сорта 'Нара' (для ранних сортов) и 'Бинар' (для сортов, созревающих в средние сроки) из генофонда черной смородины научно-производственной базы (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Павловск, в 30 км южнее Санкт-Петербурга) (табл. 1).

Среди новых образцов коллекции исследованы по биохимическому составу плодов 25 сортов, элитный сеянец 2780-20-33, созданный во ВНИИСПК, и отдаленный межвидовой гибрид *Ribes hudsonianum* × *R. dikuscha* селекции А. Рилишкиса (Литва). Для семи сортов ('Albos', 'Almo', 'Ats', 'Elo', 'Karri', 'Mulgi Must', 'Varmas') селекции Polli Horticultural Research Center (Эстония) наряду с биохимическим исследованием провели углубленное сортоизучение (2016–2023 гг.) по признакам «зимостойкость», «устойчивость к болезням и вредителям», «самоплодность», «продуктивность» и срокам наступления и продолжения основных фенологических фаз, а результаты опубликовали в статье О. А. Тихоновой и В. С. Попова (Tikhonova, Popov, 2024). В настоящую статью для полноты анализа новых сортов коллекции ВИР включены биохимические данные для перечисленных выше семи сортов эстонской селекции ('Albos', 'Almo', 'Ats', 'Elo', 'Karri', 'Mulgi Must', 'Varmas') за 2019–2021 гг.

Сбор плодов проводили на коллекции черной смородины ВИР во время их полного созревания – в июле 2019–2021 гг. Химический состав ягод определяли в лаборатории биохимии и молекулярной биологии ВИР.

Содержание сухого вещества определяли методом высушивания при температуре 100–102°C до постоянной массы (Ermakov et al., 1987).

Антоцианы определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре LKB Ultrospec II UV/Vis. Экстракцию пигментов проводили при 40°C 1-процентным раствором соляной кислоты. Оптическую плотность экстрактов измеряли при длине волны 510 нм в кювете толщиной 1 см, используя в качестве раствора сравнения 1-процентную соляную кислоту. Содержание суммы антоцианов пересчитывали на цианидин-3,5-дигликозид (удельный коэффициент поглощения – 453) (Wu et al., 2006).

Аскорбиновую кислоту определяли методом титрования краской Тильманса до устойчивого розового цвета с предварительной сорбцией каолином антоциановых пигментов. (Popov, Smyatskaya, 2006).

Определение общей кислотности проводили методом титрования в присутствии индикатора фенолфталеина, при этом в расчете учитывали, что 0,1 М раствор щелочи соответствует 6,4 мг лимонной кислоты.

Содержание моно- и олигосахаров определяли (в %) спектрофотометрическим методом с предварительным построением градуировочного графика по чистым растворам глюкозы. Реакция основана на взаимодействии темно-синего щелочного раствора глицерата меди (II) с восстанавливающими сахарами при нагревании с образованием окиси меди (I) красного цвета, соответствующей количеству сахара в растворе. Аб-

Таблица 1. Объекты исследования

Table 1. Research materials

Название образца / Name of the accession	№ по каталогу ВИР / VIR catalogue No.	Географическое происхождение / Geographic origin
‘Андреевская’	49787	Россия, Санкт-Петербург, ВИР
‘Бинар’ (контроль)	32649	– « –
‘Валентина’	49786	– « –
‘Добрыня’	42515	Россия, г. Брянск, ВНИИ люпина
‘Литвиновская’	45542	– « –
‘Навля’	42228	– « –
‘Нара’ (контроль)	40606	– « –
‘Партизанка Брянская’	45548	– « –
‘Севчанка’	44177	– « –
‘Селеченская 2’	42637	– « –
‘Светлолистная’	43129	Россия, г. Мичуринск, Тамбовский ГАУ
‘Арапка’	44175	Россия, г. Орел, ВНИИСПК
2780-20-33	49788	– « –
‘Вертикаль’	45528	Россия, г. Самара, Самарская опытная станция
‘Купалинка’	32610	Беларусь, г. Минск, БНИИП
‘Свитязянка’	41979	– « –
‘Голосеевский Великан’	44176	Украина, г. Киев Национальный университет биоресурсов и природопользования (бывш. НАУ)
‘Яринка’	44190	– « –
‘Альта’	43125	Украина, г. Киев, Институт садоводства УААН
‘Вернисаж’	43126	– « –
‘Казкова’	44196	– « –
‘Козацкая’	44187	– « –
‘Софиевская’	43131	– « –
‘Юбилейная Копаня’	44189	– « –
‘Диамант’	44186	Украина, учреждение не установлено
‘Albos’	44167	Эстония, Polli Horticultural Research Center
‘Almo’	44169	– « –
‘Ats’	44166	– « –
‘Elo’	44171	– « –
‘Karri’	44172	– « –
‘Mulgi Must’	38061	– « –
‘Varmas’	44174	– « –
‘Joninai’	43124	Литва, г. Каунас, Lithuanian Research Center for Agriculture and Forestry
‘Gagatai’	44168	– « –
<i>Ribes hudsonianum</i> × <i>Ribes dikuscha</i>	42536	Литва, г. Вильнюс, Вильнюсский университет
‘Татран Слава’	44182	Происхождение не установлено

сорбцию полученных экстрактов после отстаивания осадка окиси меди измеряли при длине волны 582 нм. В качестве раствора сравнения использовали дистиллированную воду. Олигосахариды определяли как разницу между суммой всех сахаров (после гидролиза) и суммой моносахаров (без гидролиза), умноженной на коэффициент 0,95, учитывающий потерю воды (Егмаков et al., 1987). Значения всех показателей рассчитывали в % на исходный (сырой) вес ягод, содержание антоцианов – в мг%.

этот период затянулся до 19 дней. В 2020 и 2021 г. цветение продолжалось в течение 5–12 дней. Созревание плодов от начала окрашивания ягод до полной их зрелости в годы исследования было длительным и продолжалось от 16 до 19 дней.

Средние температуры воздуха в 2019 и 2020 г. во время завязывания и формирования плодов были близки, но 2020 г. характеризовался большим количеством осадков. Самым жарким и засушливым оказался 2021 г. (рис. 1).

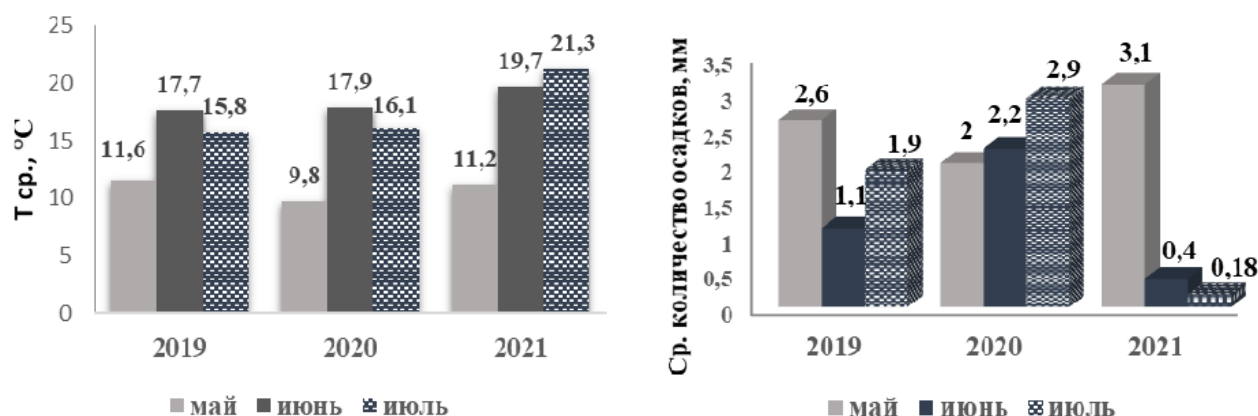


Рис. 1. Средняя температура и количество осадков в годы исследований
(НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2019–2021 гг.)

Fig. 1. Mean temperatures and precipitation during the years of research
(Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2019–2021)

Статистическую обработку данных проводили при помощи пакета программ Microsoft Excel и методических рекомендаций (Dospekhov, 1985). Метеоданные по вегетационным периодам 2019–2021 гг. получали в отделе автоматизированных информационных систем генетических ресурсов растений (АИС). Изучение химического состава плодов проводили в двух аналитических повторностях, не менее трех лет по каждому образцу.

С целью оценки возможности применения параметрических методов нормальность распределения каждой выборки протестировали с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Поскольку все выборки продемонстрировали соответствие нормальному распределению, для анализа статистической значимости различий между ними выбрали t-критерий Стьюдента. Графики демонстрируют средние значения, дополненные отрезками, отображающими величину среднеквадратичного отклонения (СКО).

Погодные условия в годы изучения. Во все годы изучения (2019–2021) во время начала вегетации растений в течение длительного времени держалась холодная погода, что приводило к значительному замедлению фазы выдвижения зеленого конуса и начала ростовых процессов. Внезапное повышение температуры воздуха в мае провоцировало начало раннего цветения растений и приводило к тому, что практически не наблюдалось существенной разницы по наступлению данной фазы между сортами разных сроков цветения. Во время жаркой, сухой погоды в мае 2019 г. наблюдалась самая короткая продолжительность цветения (5–9 дней), но из-за наступившего почти сразу после начала цветения продолжительного похолодания, у ультраранних сортов

Результаты и обсуждение

Сухие вещества

Содержание растворимых сухих веществ в плодах служит важнейшим технологическим показателем (Levgerova, 2007).

Количество содержащихся в ягодах сухих веществ различно в разных зонах возделывания культуры, но из всех компонентов химического состава этот показатель является наиболее стабильным. Так, многолетними исследованиями в условиях Центрально-Черноземной зоны России установлено, что содержание сухих веществ в ягодах черной смородины не отличается большим сортовым разнообразием и составляет у основной массы сортов 12,0–13,9% при незначительной вариабельности ($V = 7\%$). Максимальное содержание сухих веществ ($> 14\%$) в данном регионе выявлено в ягодах сортов 'Владимирская' (15,5%), 'Элевеста' (15,0%), 'Вернисаж' (14,3%), 'Юбилейная Копаня' (14,3%) и др. (Makarkina et al., 2010; Shavyrkina et al., 2016). Несколько большим накоплением сухих веществ характеризуются сорта черной смородины в условиях Брянской области – 13,6–19,8% (Kazakov et al., 2007). В условиях Адыгеи ягоды черной смородины накапливают от 14,8 до 24,5% указанных веществ (Bzhetsseva, 2017); в Башкортостане их содержание варьирует от 14,8 до 23,4% (Nigmatzyanov et al., 2021). В Румынии уровень накопления указанных веществ варьирует от 17,9 до 23,2% (Nour et al., 2011). Близким к этим показателям является количество сухих веществ в ягодах черной смородины в Болгарии – 17,4–23,4% (Georgiev, Georgieva, 2020).

По данным, полученным нами, в условиях Северо-Западного региона России содержание в ягодах сухих ве-

ществ за годы исследования составило в среднем 19,9% с размахом варьирования от 15,3% до 25,7%. Параметры модели идеального сорта предусматривают накопление в плодах > 20% сухих веществ. Наши исследования показали, что этим требованиям отвечают 44,4% изученных образцов. Среди них сорта: 'Свитязянка' (25,7%), 'Mulgi Must' (24,7%), 'Elo' (23,1%), 'Karri' (22,7%), 'Андреевская' (22,1%), 'Вертикаль' (21,7%) и др. (табл. 2). В ягодах контрольных сортов 'Нара' и 'Бинар' содержалось 18,6% и 19,1% сухих веществ соответственно. При этом, по нашим данным, на Северо-Западе России ягоды сортов 'Альта', 'Вернисаж', 'Козацкая' и 'Юбилейная Копаня' содержат больше сухих веществ на 4,3–4,9% по сравнению с аналогичными сортами в Центрально-Черноземном регионе России, которые приводят исследователи (Makarkina et al., 2010; Yanchuk, 2014), а сорта 'Нара', 'Севчанка' и 'Партизанка Брянская' также аккумулируют в ягодах больше сухих веществ на 4,3–5,3% по сравнению с южными регионами страны (Prichko et al., 2017).

Достаточно сопоставимы с полученными нами данными величины содержания в ягодах сухих веществ в Адыгее, Башкортостане, Болгарии и Румынии (Nour et al., 2011; Bzhetsseva, 2017; Georgiev, Georgieva, 2020; Nigmatzyanov et al., 2021).

Сорта 'Elo', 'Karri' и 'Ats' при возделывании на юге Эстонии также отличаются высокой концентрацией сухих веществ (Kikas et al., 2020), величины которых близки к данным, полученным нами.

Следует отметить, что для технологической переработки пригодны сорта, содержащие в плодах 14% и выше сухих веществ, таким образом все изученные нами сорта могут служить отличным сырьем для пищевой промышленности.

Уровень накопления указанных веществ отличался относительным постоянством. Средняя вариабельность признака отмечена лишь у двух ранних сортов – 'Яринка' ($V = 13,2\%$) и 'Голосеевский Великан' ($V = 15,5\%$). У всех остальных изученных образцов коэффициент вариации (V) находился в пределах 0,41–10,0%.

Сахара

По данным разных авторов, общее количество сахаров в плодах черной смородины колеблется в широких пределах – от 6,4 до 14,0% (Nour et al., 2011; Shavyrkina et al., 2016; Kikas et al., 2017; Nigmatzyanov et al., 2021).

По данным, полученным нами, в условиях Северо-Запада России суммарное содержание сахаров составило в среднем 10,1% с диапазоном изменчивости от 7,4% у ранозревающего контрольного сорта 'Нара' до 15,1% у сорта 'Свитязянка'. Повышенное содержание сахаров (> 10%), помимо указанного сорта 'Свитязянка', отмечено в ягодах сортов 'Gagatai' (12,4%), 'Mulgi Must' (12,3%), 'Elo' (11,6%), 'Юбилейная Копаня', межвидового образца *Ribes hudsonianum* × *R. dikuscha* и др. (см. табл. 2). В ягодах контрольного сорта 'Бинар' сумма сахаров составила 9,6%. Ранозревающий контрольный сорт 'Нара' аккумулировал лишь 7,4% сахаров, что оказалось на 0,9–3,0% ниже, чем у сортов 'Купалинка', 'Вернисаж', 'Голосеевский Великан', 'Яринка' и 'Varmas', также созревающих в ранние сроки (см. табл. 2).

Уровень накопления сахаров по сравнению с количеством сухих веществ в большей степени зависел от влияния погодных условий. Между количеством осадков во время созревания плодов и накоплением сахаров существует высокая отрицательная корреляция ($r = -0,93$); между температурным фактором и содержанием саха-

ров – высокая положительная корреляционная зависимость ($r = 0,93$).

Стабильность данного параметра ($V = 0,5–9,7\%$) была характерна для 29,4% сортов. Среди них можно отметить сорта, которые имеют при этом повышенное содержание сахаров – 'Albos', 'Elo' и 'Gagatai'. Средним, но стабильным уровнем накопления сахаров отличались сорта 'Бинар' (контроль), 'Вертикаль', 'Севчанка', 'Добрыня', 'Селеченская 2' и 'Казкова'.

Средняя изменчивость признака ($V = 10,4–18,6\%$) отмечена у 55,9% изученных образцов; из них повышенный уровень накопления сахаров имеют сорта 'Karri', 'Varmas', 'Mulgi Must', 'Арапка', 'Татран Слава', 'Валентина', 'Светлолистная', 'Юбилейная Копаня' и 'Диамант'.

Высокая изменчивость показателя ($V = 21,0–28,7\%$) наблюдалась лишь у 5 образцов (14,7%) – 'Андреевская', 'Козацкая', 'Joninai', 2780-20-33 и 'Свитязянка', причем последний сорт характеризуется высоким содержанием сахаров (15,1%).

Проведенные исследования показали, что повышенное содержание сахаров (> 10%) в сочетании с высоким уровнем накопления сухих веществ (> 20%) присуще сортам 'Навля', 'Арапка', 'Gagatai', 'Elo', 'Albos', 'Varmas', 'Karri', 'Almo', 'Mulgi Must', 'Татран Слава', 'Светлолистная' и 'Валентина'.

Среднее содержание в плодах олигосахаридов составило 0,85% при диапазоне от 0,17 ('Партизанка Брянская') до 2,3% ('Свитязянка'). Этот компонент химического состава характеризовался самой большой изменчивостью – у 91,4% изученных образцов отмечена очень большая вариабельность показателя. Незначительная степень изменчивости количества олигосахаридов ($V = 5,8\%$) в годы исследования наблюдалась у контрольного сорта 'Бинар'. У сорта 'Добрыня' коэффициент вариации имел средние значения – 13,2%; у всех остальных сортов коэффициент вариации был значительно выше – 20%.

Органические кислоты

От содержания в плодах органических кислот в значительной степени зависят их вкусовые и технологические качества. По данным, полученным нами, общее количество титруемых кислот составило в среднем 2,7% при размахе изменчивости 2,0–3,5%. Высокое содержание кислот (> 3%) имели ягоды контрольных сортов 'Бинар' и 'Нара', а также сорта 'Вернисаж', 'Альта', 'Партизанка Брянская', 'Вертикаль' и образец 2780-20-33. У всех остальных сортов содержание в ягодах свободных (титруемых) кислот составило < 3% (см. табл. 2). Низким количеством аккумулируемых свободных кислот (2,0–2,6%) и при этом низким коэффициентом вариации отличались сорта 'Селеченская 2', 'Elo', 'Albos', 'Навля' и 'Татран Слава'. Средней изменчивостью параметра ($V = 14,7–15,5\%$) при низком уровне кислот характеризовались сорта 'Андреевская', 'Литвиновская', 'Юбилейная Копаня', 'Козацкая' и 'Диамант'. Самый низкий уровень накопления кислот (2,0%) отмечен у сорта 'Добрыня', а также у сорта 'Karri' (2,2%); при этом вариабельность признака у первого сорта была низкой ($V = 9,3\%$), а последний сорт характеризовался средней изменчивостью показателя ($V = 13,4\%$). Значительную вариабельность показателя в зависимости от условий года ($V = 25,5\%$) имел сорт 'Севчанка', содержание свободных кислот в ягодах которого также было достаточно низким (см. табл. 2).

По данным А. Kikas и др. (Kikas et al., 2017), сорт 'Karri' характеризуется высокими значениями суммы сахаров, низкой концентрацией аккумулируемых свободных кис-

Таблица 2. Биохимический состав ягод черной смородины (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2019–2021 гг.)
Table 2. Biochemical composition of black currant berries (Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2019–2021)

Сорт / Cultivar	Сахара, % / Sugars, % $\bar{X} \pm m$ min-max		Кислотность, % / Acidity, % $\bar{X} \pm m$ min-max	Сахаро-кислотный коэффициент / Sugar/acid ratio $\bar{X} \pm m$ min-max	Сухие вещества, % / Dry substances, % $\bar{X} \pm m$ min-max	Аскорбиновая кис- лота, мг% / Ascorbic acid, mg% $\bar{X} \pm m$ min-max	Антоцианы, мг% / Anthocyanins, mg% $\bar{X} \pm m$ min-max
	Всего Total	в т. ч. олигосахариды / incl. oligosaccharides					
‘Навля’	10,4 ± 0,7 9,3–11,6	0,3 ± 0,07 0,2–0,4	2,5 ± 0,1 2,3–2,7	4,2 ± 0,5 3,7–5,2	20,4 ± 0,6 19,5–21,4	255,3 ± 24,6 235,6–304,2	326,0 ± 80,8 224,2–485,7
‘Вертикаль’	8,9 ± 0,4 8,2–9,5	0,5 ± 0,1 0,4–0,6	3,0 ± 0,3 2,5–3,3	3,0 ± 0,4 2,5–3,8	21,7 ± 0,2 21,3–21,9	248,3 ± 32,8 186,6–298,4	305,1 ± 58,1 190,4–378,8
‘Добрыня’	9,7 ± 0,5 8,9–10,7	0,8 ± 0,1 0,7–0,9	2,0 ± 0,1 1,9–2,6	4,8 ± 0,5 3,9–5,6	16,7 ± 0,6 15,9–17,8	243,3 ± 8,6 237,0–260,3	416,3 ± 140,9 275,4–557,2
‘Арапка’	10,9 ± 0,8 9,8–12,4	0,8 ± 0,2 0,4–1,0	2,8 ± 0,2 0,4–0,9	3,9 ± 0,6 2,5–3,3	21,1 ± 0,5 2,9–4,9	235,1 ± 78,5 151,5–392,0	305,3 ± 6,9 292,3–315,7
‘Литвиновская’	8,8 ± 0,7 8,2–9,5	0,6 ± 0,3 0,3–0,8	2,3 ± 0,2 2,1–2,6	3,9 ± 0,7 3,2–4,6	17,0 ± 0,3 16,7–17,3	211,6 ± 27,4 184,2–239,0	150,8 ± 15,2 135,6–165,9
‘Joninai’	9,5 ± 1,3 8,2–12,1	0,6 ± 0,2 0,2–1,0	2,9 ± 0,1 2,7–3,1	3,3 ± 0,3 2,9–3,9	18,8 ± 0,3 18,3–19,4	209,5 ± 14,6 149,0–224,0	281,3 ± 25,6 255,7–306,8
‘Вернисаж’	9,3 ± 0,7 8,1–10,6	0,3 ± 0,1 0,04–0,5	3,1 ± 0,3 2,7–3,5	3,1 ± 0,5 2,3–4,0	19,2 ± 0,9 17,9–20,9	201,4 ± 86,8 114,6–288,2	389,9 ± 85,1 271,8–555,1
‘Купалинка’	8,3 ± 0,8 7,2–9,7	0,3 ± 0,1 0,2–0,6	2,8 ± 0,1 2,6–3,0	2,9 ± 0,4 2,4–3,7	19,4 ± 0,4 18,7–19,9	199,1 ± 12,4 179,7–221,9	345,9 ± 47,1 266,0–428,9
‘Толосеевский Великан’	9,0 ± 0,9 7,6–10,8	0,97 ± 0,3 0,3–1,3	2,3 ± 0,2 2,1–2,6	3,7 ± 0,6 3,1–4,9	18,0 ± 1,6 16,4–21,3	190,6 ± 29,4 161,1–220,0	236,4
‘Яринка’	9,5 ± 0,9 8,1–11,4	0,9 ± 0,4 0,07–1,5	2,7 ± 0,3 2,1–3,3	3,7 ± 0,9 2,5–5,3	18,4 ± 1,4 16,3–21,1	190,4 ± 27,5 149,3–242,7	182,8 ± 65,1 117,7–247,9
‘Юбилейная Копаня’	11,5 ± 0,7 10,0–12,2	0,5 ± 0,2 0,2–0,8	2,4 ± 0,2 1,9–2,6	4,9 ± 0,7 3,9–6,3	19,9 ± 1,0 17,9–21,4	180,9 ± 50,1 126,7–280,9	284,2 ± 47,4 193,5–353,3
‘Казкова’	8,9 ± 0,5 8,1–9,7	0,8 ± 0,2 0,5–1,3	2,8 ± 0,2 2,5–3,2	3,2 ± 0,1 3,1–3,3	18,4 ± 0,5 17,6–19,4	178,6 ± 61,8 116,7–240,4	148,4 ± 15,2 125,1–176,9
‘Gagatai’	12,4 ± 0,3 12,0–12,7	1,61 ± 0,7 0,9–2,3	3,0 ± 0,3 2,7–3,3	4,2 ± 0,6 3,7–4,8	22,3 ± 1,3 20,3–23,6	177,6 ± 5,3 172,3–182,9	362,0 ± 50,4 311,6–412,4

Таблица 2. Продолжение
Table 2. Continued

Сорт / Cultivar	Сахара, % / Sugars, % $\bar{X} \pm m$ min-max		Кислотность, % / Acidity, % $\bar{X} \pm m$ min-max	Сахаро-кислотный коэффициент / Sugar/acid ratio $\bar{X} \pm m$ min-max	Сухие вещества, % / Dry substances, % $\bar{X} \pm m$ min-max	Аскорбиновая кис- лота, мг% / Ascorbic acid, mg% $\bar{X} \pm m$ min-max	Антоцианы, мг% / Anthocyanins, mg% $\bar{X} \pm m$ min-max
	Всего Total	в т. ч. олигосахариды / incl. oligosaccharides					
‘Елю’	$\frac{11,6 \pm 0,6}{10,6-12,4}$	$\frac{1,3 \pm 0,3}{0,8-1,8}$	$\frac{2,3 \pm 0,04}{2,2-2,3}$	$\frac{5,1 \pm 0,3}{4,6-5,7}$	$\frac{23,1 \pm 1,0}{21,4-24,9}$	$\frac{174,4 \pm 31,8}{123,4-232,8}$	$\frac{288,9 \pm 32,0}{256,9-753,1}$
‘Альга’	$\frac{9,3 \pm 0,4}{8,9-9,7}$	$\frac{1,1 \pm 0,5}{0,7-1,5}$	$\frac{3,1 \pm 0,4}{2,8-3,5}$	$\frac{3,0 \pm 0,3}{2,8-3,3}$	$\frac{17,7 \pm 0,5}{17,2-18,1}$	$\frac{173,7 \pm 13,3}{160,4-186,9}$	$\frac{286,2 \pm 52,7}{193,5-378,8}$
‘Свистязанка’	$\frac{15,1 \pm 2,3}{12,9-17,4}$	$\frac{2,3 \pm 0,8}{1,4-3,1}$	$\frac{2,7 \pm 0,1}{2,6-2,8}$	$\frac{5,7 \pm 1,0}{4,6-6,7}$	$\frac{25,7 \pm 1,6}{24,1-27,3}$	$\frac{168,7 \pm 39,7}{129,0-208,4}$	$\frac{415,4 \pm 10,5}{404,9-425,9}$
‘Андреевская’	$\frac{9,03 \pm 1,5}{4,9-11,5}$	$\frac{1,2 \pm 0,3}{0,6-2,1}$	$\frac{2,3 \pm 0,2}{2,4-3,5}$	$\frac{3,3 \pm 0,7}{1,4-4,8}$	$\frac{22,1 \pm 0,9}{19,6-24,1}$	$\frac{167,7 \pm 17,4}{129,2-210,5}$	$\frac{317,1 \pm 34,2}{229,2-395,3}$
‘Софиевская’	$\frac{9,5 \pm 0,6}{8,3-9,2}$	$\frac{0,8 \pm 0,3}{0,2-1,3}$	$\frac{2,6 \pm 0,3}{2,0-2,9}$	$\frac{3,8 \pm 0,6}{2,9-4,9}$	$\frac{19,9 \pm 0,5}{19,2-20,9}$	$\frac{167,0 \pm 17,4}{132,7-188,7}$	$\frac{224,7 \pm 52,9}{171,8-277,6}$
2780-20-33	$\frac{10,2 \pm 1,3}{8,1-12,4}$	$\frac{1,2 \pm 0,3}{0,9-1,7}$	$\frac{3,1 \pm 0,3}{2,7-3,7}$	$\frac{3,4 \pm 0,7}{2,2-4,6}$	$\frac{17,8 \pm 0,5}{16,9-18,6}$	$\frac{162,2 \pm 68,3}{71,4-296,0}$	$\frac{210,3 \pm 9,4}{194,4-227,0}$
‘Татран Слава’	$\frac{10,5 \pm 0,7}{9,2-11,4}$	$\frac{0,8 \pm 0,2}{0,5-1,2}$	$\frac{2,5 \pm 0,2}{2,1-2,9}$	$\frac{4,2 \pm 0,3}{3,7-4,5}$	$\frac{21,4 \pm 0,05}{21,4-21,5}$	$\frac{158,8 \pm 14,5}{144,4-173,3}$	$\frac{203,9 \pm 24,1}{157,4-237,9}$
‘Бинар’ (контроль)	$\frac{9,6 \pm 0,6}{7,6-11,4}$	$\frac{1,0 \pm 0,2}{0,5-2,1}$	$\frac{3,5 \pm 0,1}{2,8-3,6}$	$\frac{3,1 \pm 0,2}{2,8-3,6}$	$\frac{19,1 \pm 0,8}{15,2-22,7}$	$\frac{155,3 \pm 9,1}{127,8-196,9}$	$\frac{344,4 \pm 40,9}{265,3-402,5}$
‘Партизанка Брянская’	$\frac{8,9 \pm 0,9}{7,7-10,7}$	$\frac{0,2 \pm 0,1}{0,07-0,35}$	$\frac{3,1 \pm 0,1}{3,0-3,3}$	$\frac{2,9 \pm 0,3}{2,6-3,5}$	$\frac{18,2 \pm 0,4}{17,6-18,9}$	$\frac{153,8 \pm 51,4}{102,4-205,2}$	$\frac{271,1 \pm 74,2}{184,0-418,8}$
‘Козацкая’	$\frac{9,2 \pm 1,9}{7,3-11,0}$	$\frac{0,2 \pm 0,1}{0,1-0,3}$	$\frac{2,6 \pm 0,2}{2,4-2,8}$	$\frac{3,7 \pm 1,0}{2,7-4,6}$	$\frac{17,9 \pm 0,4}{17,5-18,4}$	$\frac{147,9 \pm 72,7}{75,2-220,5}$	$\frac{259,4 \pm 41,9}{147,5-371,3}$
‘Albos’	$\frac{10,5 \pm 0,5}{9,8-11,4}$	$\frac{0,6 \pm 0,2}{0,3-0,9}$	$\frac{2,5 \pm 0,1}{2,3-2,6}$	$\frac{4,3 \pm 0,4}{3,7-5,0}$	$\frac{20,9 \pm 0,5}{19,9-21,6}$	$\frac{142,8 \pm 40,9}{98,2-224,5}$	$\frac{358,7 \pm 66,4}{292,2-491,5}$
‘Varmas’	$\frac{10,4 \pm 0,6}{9,3-11,5}$	$\frac{1,0 \pm 0,3}{0,6-1,5}$	$\frac{2,9 \pm 0,3}{2,4-3,4}$	$\frac{3,6 \pm 0,6}{2,8-4,8}$	$\frac{20,9 \pm 1,2}{19,6-23,3}$	$\frac{138,9 \pm 13,3}{125,6-152,3}$	$\frac{256,4 \pm 52,3}{204,1-308,7}$
‘Светлолист- ная’	$\frac{11,4 \pm 0,9}{9,7-13,0}$	$\frac{0,8 \pm 0,2}{0,6-1,1}$	$\frac{2,8 \pm 0,2}{2,4-3,0}$	$\frac{4,1 \pm 0,2}{3,8-4,4}$	$\frac{21,2 \pm 0,3}{20,6-21,8}$	$\frac{136,8 \pm 17,8}{102,3-161,9}$	$\frac{292,6 \pm 64,1}{164,8-364,2}$

Таблица 2. Окончание
Table 2. The end

Сорт / Cultivar	Сахара, % / Sugars, % $\bar{X} \pm m$ min-max		Кислотность, % / Acidity, % $\bar{X} \pm m$ min-max	Сахаро-кислотный коэффициент / Sugar/acid ratio $\bar{X} \pm m$ min-max	Сухие вещества, % / Dry substances, % $\bar{X} \pm m$ min-max	Аскорбиновая кис- лота, мг-% / Ascorbic acid, mg% $\bar{X} \pm m$ min-max	Антоцианы, мг-% / Anthocyanins, mg% $\bar{X} \pm m$ min-max
	Всего Total	в т. ч. олигосахариды / incl. oligosaccharides					
‘Karri’	$11,1 \pm 1,2$ 8,9–12,3	$1,03 \pm 0,2$ 0,6–1,3	$2,2 \pm 0,2$ 1,9–2,6	$5,0 \pm 0,7$ 3,9–6,3	$22,7 \pm 1,3$ 20,3–24,9	$136,7 \pm 19,8$ 113,9–176,1	$263,8 \pm 88,6$ 175,2–352,4
‘Селеченская 2’	$8,4 \pm 0,5$ 7,6–9,2	$0,4 \pm 0,1$ 0,1–0,7	$2,3 \pm 0,1$ 2,1–2,4	$3,8 \pm 0,1$ 3,5–3,9	$15,3 \pm 0,7$ 14,0–16,8	$135,6 \pm 13,8$ 115,5–176,3	$266,3 \pm 42,8$ 208,2–349,7
‘Almo’	$9,7 \pm 0,6$ 8,9–10,9	$0,91 \pm 0,3$ 0,4–1,4	$2,7 \pm 0,2$ 2,5–3,1	$3,6 \pm 0,4$ 2,9–4,4	$20,6 \pm 1,1$ 18,5–21,9	$132,3 \pm 14,6$ 105,1–154,9	$420,8 \pm 31,0$ 364,6–471,6
‘Ats’	$9,4 \pm 0,3$ 7,8–10,5	$1,0 \pm 0,4$ 0,2–1,4	$2,8 \pm 0,4$ 2,1–3,3	$3,5 \pm 0,7$ 2,6–4,9	$19,8 \pm 0,6$ 18,8–20,8	$132,3 \pm 26,5$ 92,5–182,5	$442,3 \pm 43,9$ 387,9–529,3
‘Mulgi Must’	$12,3 \pm 0,86$ 10,6–13,4	$0,89 \pm 0,48$ 0,12–1,34	$2,5 \pm 0,3$ 1,9–2,9	$5,2 \pm 1,0$ 3,9–7,2	$24,8 \pm 1,0$ 24,7–25,0	$131,7 \pm 30,6$ 95,5–192,6	$392,0 \pm 50,7$ 303,1–478,6
‘Севчанка’	$9,4 \pm 0,04$ 9,3–9,4	$0,44 \pm 0,2$ 0,3–0,6	$2,4 \pm 0,4$ 1,9–2,8	$4,1 \pm 0,8$ 3,3–4,8	$19,3 \pm 0,1$ 19,2–19,3	$123,4 \pm 17,7$ 105,7–141,1	$259,4 \pm 29,2$ 230,2–288,6
‘Валентина’	$10,5 \pm 0,8$ 8,8–12,7	$1,86 \pm 0,39$ 0,96–2,7	$2,8 \pm 1,0$ 2,7–3,0	$3,7 \pm 0,2$ 3,1–4,2	$20,7 \pm 0,9$ 18,4–22,5	$114,5 \pm 12,3$ 89,0–142,9	$437,2 \pm 38,8$ 384,6–512,9
‘Диамант’	$10,5 \pm 0,5$ 8,9–11,9	$0,72 \pm 0,3$ 0,2–0,7	$2,6 \pm 0,1$ 2,3–3,0	$4,0 \pm 0,2$ 3,7–4,5	$18,9 \pm 0,2$ 18,4–19,5	$104,1 \pm 11,5$ 70,7–137,8	$340,9 \pm 46,4$ 231,5–476,1
‘Нара’ (контроль)	$7,4 \pm 0,7$ 5,4–8,3	$0,6 \pm 0,21$ 0,2–1,0	$3,1 \pm 0,2$ 2,7–3,5	$2,4 \pm 0,29$ 1,6–2,9	$18,6 \pm 0,6$ 17,4–20,4	$96,7 \pm 6,0$ 85,9–114,0	$348,8 \pm 43,3$ 286,9–472,3
Ribes hud- sonianum × R. dikuscha	$11,5 \pm 0,6$ 10,9–11,9	$1,28 \pm 0,02$ 1,3–1,4	$2,3 \pm 0,3$ 1,8–2,8	$5,7 \pm 1,2$ 4,5–6,9	$21,04 \pm 1,6$ 17,9–23,5	$82,5 \pm 14,1$ 54,4–98,2	$422,8 \pm 66,5$ 299,9–528,3
среднее	$10,1 \pm 0,24$	$0,85 \pm 0,07$	$2,70 \pm 0,05$	$3,9 \pm 0,13$	$19,9 \pm 0,37$	$166,4 \pm 7,2$	$307,2 \pm 13,3$
min	7,4	0,17	2,0	2,4	15,3	82,5	148,4
max	15,1	2,3	3,5	5,7	25,7	255,3	442,3
V, %	14,0	56,3	11,5	19,7	11,2	41,4	28,9

Примечание: $\bar{X}$ – среднее за 3 года; m – стандартная ошибка; V – коэффициент вариации
 Note: $\bar{X}$ – mean for 3 years; m – standard error; V – coefficient of variation

лот и высоким сахарокислотным индексом и на юге Эстонии, что подтверждается и нашими исследованиями. Также полученные нами данные по количественному содержанию титруемых кислот в плодах эстонских сортов 'Karri' и 'Elo' полностью согласуются с результатами исследований сотрудников Polli Horticultural Research Center, проведенными на юге Эстонии (Kikas et al., 2020), но кислотность сортов 'Almo' и 'Ats' в условиях Северо-Запада России оказалась выше на 0,4–0,5%, чем в Эстонии.

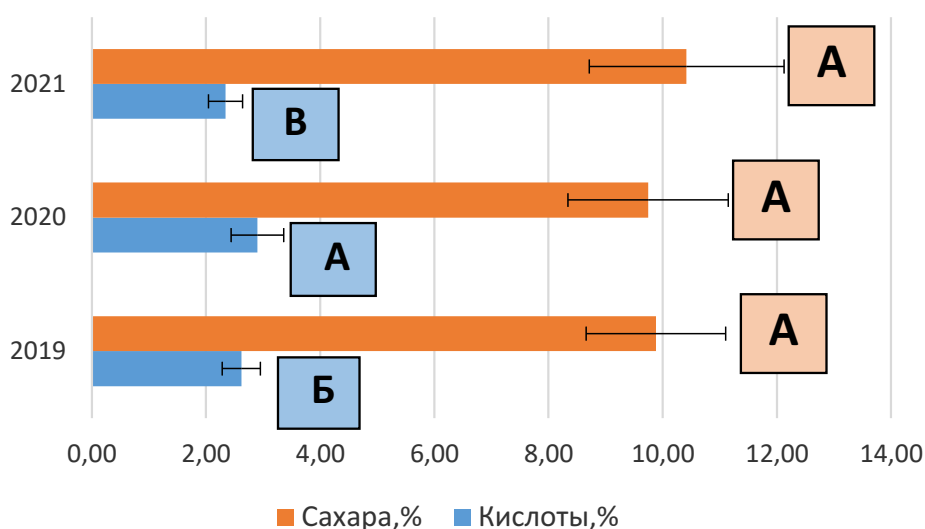
Самое высокое содержание органических кислот при минимальном уровне сахаров в среднем по всем изученным сортам наблюдалось в прохладный, дождливый 2020 г., что согласуется с литературными данными (Zhbanova, 2013). В 2021 г., который характеризовался высокими положительными температурами и малым количеством осадков во время созревания сортов, напротив, наблюдалось накопление большего количества сахаров и меньшего – кислот (рис. 2).

зьянка' (5,7) (см. табл. 2). Высокие значения сахарокислотного коэффициента у большинства перечисленных сортов обусловлены одновременно высоким содержанием сахаров и низким уровнем аккумуляции органических кислот.

Анализ полученных данных позволил выявить, что все изученные сорта, в том числе созревающие в ранние сроки, имели большие значения сахарокислотного индекса по сравнению с контрольным ранозревающим сортом 'Нара'. Более низкие значения СКИ по сравнению с другим контрольным сортом 'Бинар' были характерны лишь для ранних сортов 'Альта', 'Вернисаж' 'Купалинка' и сортов, созревающих в средние и среднепоздние сроки – 'Вертикаль' и 'Партизанка Брянская'.

Аскорбиновая кислота

Одним из основных достоинств черной смородины является высокое содержание в плодах аскорбиновой



Средние значения приведены с точностью $\pm$ СКО. Сравнение выборок проводилось с использованием t-критерия Стьюдента ($p < 0,05$); разные буквы указывают на значимые различия /
Mean values are given with an accuracy of $\pm$ SD. Comparison among the samples was performed using Student's *t*-test ($p < 0.05$); different letters indicate significant differences

Рис. 2. Динамика содержания сахаров и органических кислот в плодах в годы исследования (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2019–2021 гг.)

Fig. 2. Dynamics of sugar and organic acid content over the years of research (Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2019–2021)

Наши исследования показали, что существует высокая положительная корреляция между суммой осадков в июне и количеством свободных кислот ($r = 0,99$) и отрицательная зависимость с температурным фактором ($r = -0,82$).

Сахарокислотный индекс (СКИ), который является одним из основных показателей вкусовых достоинств плода, варьировал, по нашим данным, от 2,4 до 5,7 при среднем значении 3,9 (см. табл. 2). При этом изменчивость показателя составила в среднем 19,7% при диапазоне варьирования от 3,8% ('Казкова') до 39,7% ('Яринка').

Высоким СКИ характеризовались сорта 'Арапка', 'Литвиновская' (3,9), 'Светлолистная' (4,1), 'Gagatai', 'Татран Слава' (4,2), 'Albos' (4,3), 'Добрыня' (4,8), 'Юбилейная Копаня' (4,9), 'Karri' (5,0), 'Elo' (5,1), 'Mulgi Must' (5,2), 'Святия

кислоты (АК). Уровень накопления витамина С является сортовым признаком, но зависит и от региона возделывания, уровня агротехники, степени зрелости ягод (Gavrisheva et al., 1980; Shirko, Yarochevich, 1991; Knyazev, Ogoltsova, 2004). Провести сравнение содержания АК в разных зонах возделывания очень сложно из-за разрозненных данных и разного набора сортов, по которым проводилось исследование.

Известно, что в условиях Брянской области уровень накопления АК в ягодах черной смородины составляет 133,8–221,8 мг%. Высокой витаминностью выделяется сорт 'Севчанка', содержащий 183,7 мг% АК (Kazakov, Sazonov, 2007). Близки к этому значению и показатели в Тамбовской области – 124–213 мг% (Titova, 2007).

В Орловской области содержание АК в ягодах в зависимости от генотипа варьирует от 71,6 до 313,0 мг%

при среднем значении 161,3 мг% и коэффициенте вариации 25,8% (Knyazev et al., 2016). В более южных регионах России (Краснодарский край) содержание АК в ягодах черной смородины составляет 94,6–167,3 мг% (Prichko et al., 2017). В Польше, согласно данным исследователей (Pluta, Zuravicz, 2007), уровень накопления АК варьирует от 104,6 ('Tines') до 233,3 мг% ('Tisel').

Параметры модели «идеального сорта» по этому признаку предусматривают наличие в ягодах более 200 мг% витамина С (Ogoltsova, 1992). По данным, полученным нами, среднее содержание АК в плодах изученных образцов составило 166,4 мг% при диапазоне варьирования показателя от 82,5 до 255,3 мг%.

В соответствии с уровнем накопления аскорбиновой кислоты изученные сорта ранжированы нами в 4 группы (рис. 3).

Для остальных сортов этой группы была характерна высокая вариабельность признака в зависимости от условий года.

В группу с уровнем накопления АК от 150 до 199,9 мг% объединены 41,7% изученных сортов. Среди них – 'Купалинка', 'Голосеевский Великан', 'Юбилейная Копаня', 'Gagatai', 'Свитязянка' и др. (см. табл. 2), содержание витамина С в ягодах которых было выше, чем у контрольного сорта 'Бинар', также входящего в эту группу. Лишь у одного сорта из этой группы ('Партизанка Брянская') уровень накопления аскорбиновой кислоты в плодах был ниже по сравнению с указанным контрольным сортом 'Бинар'.

Третья группа сортов с уровнем накопления АК от 100 до 149,9 мг% также довольно многочисленна – на ее долю приходится 33,3% изученных сортов. Она образо-

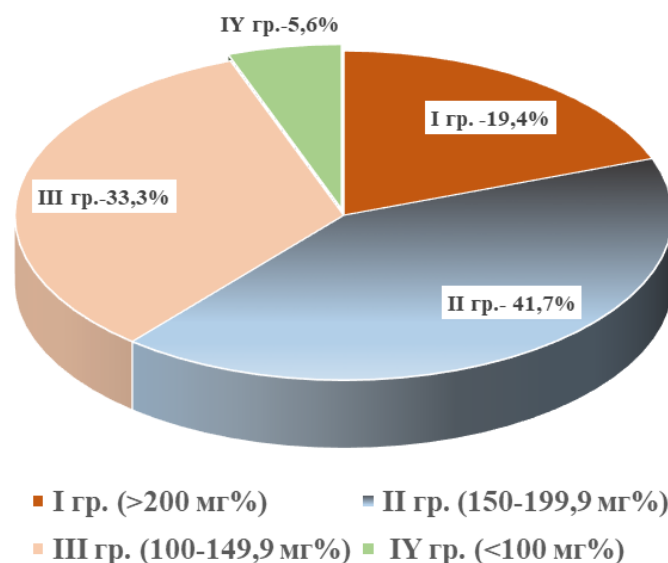


Рис. 3. Распределение сортов черной смородины по содержанию в ягодах аскорбиновой кислоты (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2019–2021 гг.)

Fig. 3. Distribution of black currant cultivars according to the content of ascorbic acid in berries (Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2019–2021)

В состав первой группы вошли сорта, содержащие в плодах более 200 мг% аскорбиновой кислоты, – 'Навля', 'Вертикаль', 'Добрыня', 'Арапка', 'Литвиновская', 'Jonina' и 'Вернисаж' (см. табл. 2). Они составили 19,4% от общего числа изученных образцов.

Так же, как и на Северо-Западе, сорт 'Jonina' характеризуется повышенным содержанием АК (> 200 мг/100 г) и в Латвии, на опытной станции Dobeles (Seglina et al., 2008), и в Литве (Rubinskiene et al., 2006; Viskelis et al., 2012).

В то же время сорт 'Арапка', выделенный нами по высокому уровню накопления в плодах витамина С, в условиях Орловской области содержит лишь 94,2 мг% аскорбиновой кислоты (Shavyrkina et al., 2016). Сорт 'Севчанка' в условиях Брянской области, как было указано, аккумулирует 183,7 мг% АК (Kazakov, Sazonov, 2007), в то время как на Северо-Западе России, по нашим данным, накапливает лишь 123,4 мг% витамина С.

Стабильность данного параметра по годам ($V = 6,1\%$) среди сортов, входящих в состав данной группы, отмечена только у сорта 'Добрыня'; у двух сортов – 'Навля' и 'Литвиновская' – наблюдалась средняя изменчивость уровня витамина С ($V = 16,7$ и $18,3\%$ соответственно).

вана сортами 'Козацкая', 'Albos', 'Varmas', 'Karri', 'Almo', 'Ats' и др. (см. табл. 2). По данным ученых Polli Horticultural Research Center, сорт 'Ats' в условиях Эстонии характеризуется низкой концентрацией АК – 98 мг/100 г (Raudsepp et al., 2019); по нашим данным, содержание витамина С в ягодах этого сорта на Северо-Западе России чуть выше – 132,3 мг%.

Низкий уровень аккумуляции витамина С наблюдался у раносозревающего контрольного сорта 'Нара' и отдаленного межвидового гибрида *Ribes hudsonianum* × *R. dikuscha* (см. табл. 2).

Содержание АК является одним из наиболее вариабельных компонентов химического состава. Изменчивость данного параметра составила в среднем 41,4% с колебаниями от 4,2 ('Gagatai') до 57,8% ('Арапка'). При этом высокую изменчивость показателя имели 64,7% изученных сортов. Средняя вариабельность ($V = 10,7–20,0\%$) отмечена у 29,4% сортов, и, как уже отмечалось, только два сорта ('Добрыня' и 'Gagatai') характеризовались стабильностью данного признака.

Как показали исследования, наибольшее содержание аскорбиновой кислоты в ягодах изученных сортов наблюдалось в прохладное лето 2019 г.

Антоцианы. Ягоды черной смородины характеризуются высоким содержанием веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, основной составляющей которых являются растительные флавоноидные пигменты – антоцианы. Они являются более мощными антиоксидантами, чем витамины С и Е; обеспечивают не только многообразие окраски растений, но и повышают их стрессоустойчивость; обладают антиканцерогенным, противовоспалительным, антимикробным, гепатопротекторным действием; могут использоваться для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний (Butenko, Podgornaya, 2016).

Проведенные нами исследования показали, что количество антоциановых веществ в зависимости от образца варьирует в широких пределах – от 148,4 до 442,3 мг% при среднем содержании по всем изученным образцам 307,2 мг% (см. табл. 2).

В соответствии с уровнем накопления антоцианов изученные сорта отнесены нами к трем группам (табл. 3).

По полученным нами данным, больше всего антоцианов в среднем по всем изученным сортам аккумулировалось в более дождливом июне 2020 г. (рис. 4).

Положительная корреляция ($r = 0,61$) существует между количеством антоцианов и содержанием сухих веществ, и незначительная ($r = 0,41$) взаимосвязь – с концентрацией сахаров.

Несмотря на то что различия между 2019 и 2021 г. ($p = 0,086$), а также между 2020 и 2021 г. ($p = 0,086$) не достигли уровня статистической значимости ($p < 0,05$), полученные значения p -value указывают на тенденцию к различиям.

В то же время существует мнение о том, что уровень накопления антоцианов практически не зависит от климатических условий выращивания, а определяется в основном генотипом сорта. К такому выводу пришли ученые (Deineka et al., 2011) при сравнении количественного состава антоцианов в ягодах семи сортов черной смородины, выращенных в разных географических зонах (Белгород, Москва и Санкт-Петербург). Это утверждение, по

Таблица 3. Дифференциация сортов черной смородины по уровню накопления антоцианов
(НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2019–2021 гг.)

Table 3. Differentiation of black currant cultivars according to their anthocyanin levels
(Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2019–2021)

Уровень накопления антоцианов, мг% / Anthocyanin accumulation levels, mg%		
< 200	200 – 300	> 300
‘Яринка’, ‘Литвиновская’, ‘Казкова’	‘Светлолистная’, ‘Elo’, ‘Альта’, ‘Юбилейная Копаня’, ‘Joninai’, ‘Партизанка Брянская’, ‘Karri’, ‘Селеченская 2’, ‘Козацкая’, ‘Севчанка’, ‘Varmas’, ‘Толосевский Великан’, ‘Софиевская’, 2780-20-33, ‘Татран Слава’	‘Ats’, ‘Валентина’, <i>Ribes hudsonianum</i> × <i>R. dikuscha</i> , ‘Almo’, ‘Добрыня’, ‘Святая-зянка’, ‘Mulgi Must’, ‘Вернисаж’, ‘Gagatai’, ‘Albos’, ‘Нара’ (контроль), ‘Купалинка’, ‘Бинар (контроль)’, ‘Диамант’, ‘Навля’, ‘Андреевская’, ‘Арапка’, ‘Вертикаль’

Как показали исследования, 91,7% изученных сортов характеризовались высоким уровнем накопления антоциановых веществ. Все они, за исключением трех сортов, соответствуют по этому показателю модели идеального сорта, который предусматривает наличие в плодах > 200 мг% указанных веществ. Самое низкое содержание антоцианов было лишь у двух сортов – ‘Литвиновская’ и ‘Казкова’ – 148,4 и 150,8 мг% соответственно. У сорта ‘Яринка’ количество антоцианов составило чуть менее 200 мг% (см. табл. 2).

Уровень антоциановых веществ в плодах черной смородины характеризовался большой изменчивостью. Коэффициент вариации признака составил в среднем 28,9% при размахе изменчивости от 3,9 до 62,3%. Стабильностью показателя отличались сорта ‘Святая-зянка’, ‘Арапка’ ($V = 3,6\%$) и крупноплодный сеянец 2780-20-33 селекции ВНИИСПК. Средняя изменчивость признака отмечена у сортов ‘Литвиновская’, ‘Joninai’, ‘Gagatai’, ‘Almo’, ‘Ats’, ‘Севчанка’ и ‘Валентина’. Все остальные сорта характеризовались значительной изменчивостью содержания антоцианов.

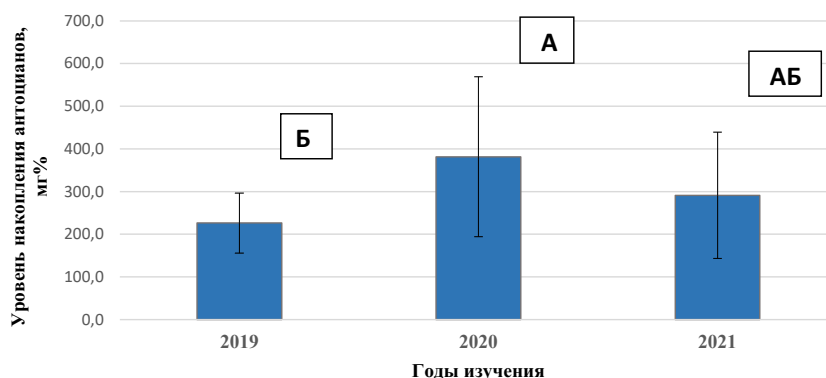
Между количеством осадков во время формирования плодов в июне и количеством антоцианов выявлена положительная взаимосвязь ($r = 0,68$). Аналогичная закономерность выявлена Е. В. Жбановой при оценке химического состава плодов красной смородины (Zhbanova, 2013).

их мнению, вполне согласуется с выводами сотрудников Литовского института плодоводства (Rubinskiene et al., 2008), которые считают, что генотип сорта в данном случае является определяющим. Противоположной точки зрения придерживаются ученые, в течение трех лет проводившие исследования на севере и юге Швеции, в результате которых они пришли к выводу, что содержание антоцианов в плодах в значительной степени зависит и от условий местности, где этот сорт выращивается (Vagiri et al., 2016).

По нашим данным, количество антоцианов, содержащихся в ягодах сорта ‘Нара’ в условиях Северо-Запада России, оказалось на 100 мг% больше, по сравнению с данными, приведенными для Белгорода и Москвы. В то же время данные по содержанию антоцианов в ягодах сортов ‘Нара’, ‘Севчанка’ и ‘Партизанка Брянская’, полученные нами, очень близки по значению к данным, полученным Т. Г. Причко и др. (Prichko et al., 2017) в Краснодарском крае.

В образцах смородины, выращенной в Самарской области, содержание антоцианов в ягодах в среднем было ниже, чем в нашем исследовании – от 40,7 до 267,7 мг% (Makarova et al., 2015).

В Финляндии при изучении уровня накопления биологически активных веществ в плодах 32 сортов черной смородины было установлено, что общее содержание антоцианов варьирует в пределах 1260–2868 мг% на сухой



Средние значения приведены с точностью $\pm$ СКО. Сравнение выборок проводилось с использованием t-критерия Стьюдента ($p < 0,05$); разные буквы указывают на значимые различия / Mean values are given with an accuracy of $\pm$ SD. Comparison among the samples was performed using Student's *t*-test ($p < 0.05$); different letters indicate significant differences

Рис. 4. Динамика содержания антоцианов в годы исследования
(НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2019–2021 гг.)

Fig. 4. Dynamics of anthocyanin content over the years of research
(Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2019–2021)

вес (Mattila et al., 2016). В Латвии самым высоким содержанием антоцианов характеризовался сорт 'Вернисаж', плоды которого аккумулировали 229,17 мг% указанных веществ (Seglina et al., 2008). В условиях Северо-Запада России содержание антоцианов в плодах этого сорта гораздо выше и составляет, по нашим данным, 389,9 мг% (см. табл. 1).

В Сербии общее содержание антоцианов в плодах черной смородины варьировало от 207,5 ('Ben Sarek') до 372,9 мг% ('Čačanska Crna') (Paunović et al., 2017). Близким по своим величинам оказалось содержание антоцианов в ягодах черной смородины в Румынии (Nour et al., 2011) и Литве (Kampuss, Strautina, 2004) – 212,8 мг% и 216 мг% соответственно.

В Эстонии по высокому содержанию антоцианов выделяется сорт 'Almo' (Raudsepp et al., 2019); их содержание соответствует 212 мг%. По данным A. Kikas и др. (Kikas et al., 2020), сорта 'Almo' и 'Ats' на юге Эстонии также отличаются высоким содержанием антоциановых веществ, но содержат указанных пигментов на порядок выше – 330 и 358 мг% соответственно. На Северо-Западе России, по нашим данным, уровень аккумуляции антоцианов у этих сортов составляет 420,8 и 442,3 мг% соответственно. У сорта 'Varmas' уровни накопления антоцианов в условиях Северо-Западного региона России и Эстонии имеют близкие значения.

Заключение

Исследование питательных и биологически активных веществ плодов черной смородины позволило выявить значительные сортовые различия по компонентам химического состава ягод. В условиях Северо-Запада России плоды черной смородины содержат: сухих веществ – 15,3–25,7%, сахаров – 8,3–15,1%, кислот – 2,0–3,3%, аскорбиновой кислоты – 96,7–255,3 мг%, антоцианов – 148,4–442,3 мг%.

В качестве источников для селекции можно рекомендовать выделенные нами сорта с высоким и стабильным содержанием:

– *сухих веществ* – 'Навля' (к-42228), 'Арапка' (к-44175), 'Gagatai' (к-44168), 'Вертикаль' (к-45528), 'Elo' (к-44171),

'Свитязянка' (к-41979), 'Андреевская' (к-49787), 'Татран Слава' (к-44182), 'Albos' (к-44176), 'Varmas' (к-44174), 'Светлолистная' (к-43129), 'Karri' (к-44172), 'Almo' (к-44169), 'Mulgi Must' (к-38061), 'Валентина' (к-49786) и отдаленный межвидовой гибрид *Ribes hudsonianum* × *R. dikuscha* (к-42536);

– *сахаров* – 'Gagatai', 'Elo' и 'Albos';

– *аскорбиновой кислоты* – 'Навля', 'Вертикаль', 'Добрыня' (к-42515), 'Арапка', 'Литвиновская' (к-45542), 'Joninai' (к-43124), 'Вернисаж' (к-43126);

– *антоциановых веществ* – 'Арапка', 'Gagatai', 'Свитязянка', 'Андреевская', 'Бинар' (к-32649), 'Almo', 'Ats' (к-44166), 'Валентина'.

Низким уровнем кислотности обладают сорта 'Добрыня', 'Литвиновская', 'Селеченская 2' (к-42637), 'Elo', 'Karri', 'Mulgi Must'.

Повышенное содержание сахаров (> 10%) в сочетании с высоким уровнем накопления сухих веществ в плодах (> 20%) присуще сортам 'Навля', 'Арапка', 'Gagatai', 'Elo', 'Albos', 'Varmas', 'Karri', 'Almo', 'Mulgi Must', 'Татран Слава', 'Светлолистная' и 'Валентина'. Эти сорта могут быть использованы в селекции на данные признаки.

Комплексным сочетанием улучшенных биохимических показателей обладают сорта 'Навля', 'Арапка', 'Gagatai', 'Свитязянка', 'Elo', 'Karri', 'Валентина'.

Результаты проведенного исследования химического состава плодов черной смородины свидетельствуют об их высокой питательной и энергетической ценности для использования в питании человека – как в свежем виде, так и для приготовления высококачественных продуктов переработки.

References / Литература

Butenko L.I., Podgornaya Zh.V. Studies of the anthocyanin complex in berries that have undergone cryoprocessing (Issledovaniya antotsianovogo kompleksa yagod, proshedsikh kriobrabotku). *Advances in Current Natural Sciences*. 2016;(11):14-17. [in Russian] (Бутенко Л.И., Подгорная Ж.В. Исследования антоцианового комплекса ягод, прошедших криообработку. *Успехи современного естествознания*. 2016;(11):14-17).

- Bzhetseva N.R. Biochemical composition of currant fruits. *New Technologies*. 2017;(2):90-98. [in Russian] (Бжецева Н.Р. Биохимический состав плодов черной смородины. *Новые технологии*. 2017;(2):90-98).
- Deineka L.A., Anisimovich I.P., Shaposhnik E.I., Chulkov A.N., Deineka V.I., Aladina O.N. et al. Fruit anthocyanins of Moscow and St. Peterbourg blackcurrants. *Regional Geosystems*. 2011;9-2(104):271-276. [in Russian] (Дейнека Л.А., Анисимович И.П., Шапошник Е.И., Чулков А.Н., Дейнека В.И., Аладина О.Н. и др. Антоцианы плодов черной смородины Москвы и Санкт-Петербурга. *Региональные геосистемы*. 2011;9-2(104):271-276).
- Dospikhov B.A. Methodology of field trial (with fundamentals of statistical processing of research results) (Metodika polevogo opyta [s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy]). 5th ed. Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. Москва: Агропромиздат; 1985).
- Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P., Peruanskiy Yu.V., Lukovnikova G.A., Ikonnikova M.I. Methods of biochemical research in plants (Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy). A.I. Ermakov (ed.). 3rd ed. Leningrad: Agropromizdat; 1987. [in Russian] (Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. 3-е изд. Ленинград: Агропромиздат; 1987).
- Gavrisheva I.F., Stepanova T.I., Samorodova-Bianki G.B. The chemical composition of the black currant berries under the irrigated conditions of the Lower Volga region. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1980;66(3):106-112. [in Russian] (Гавришева И.Ф., Степанова Т.И., Самородова-Бианки Г.Б. Особенности химического состава плодов черной смородины в нижнем Поволжье на орошении. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1980;66(3):106-112).
- Georgiev D., Georgieva M. Drying blackcurrant fruit in a dryer with an alternative source of energy. *Scientific Papers. Series B, Horticulture*. 2020;64(2):57-60.
- Kampuss K., Strautina S. Evaluation of blackcurrant resources for sustainable production. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2004;12:147-158.
- Kazakov I.V., Sazonov F.F. Evaluation and development of blackcurrant source material for priority breeding trends (Otsenka i sozdaniye iskhodnogo materiala smorodiny chernoy dlya prioritnykh napravleniy seleksii). In: *Current State of Currant and Gooseberry Crops: collection of scientific papers (Sovremennoye sostoyaniye kultur smorodiny i kryzhovnika: sbornik nauchnykh trudov)*. Michurinsk; 2007. p.81-90. [in Russian] (Кзаков И.В., Сазонов Ф.Ф. Оценка и создание исходного материала смородины черной для приоритетных направлений селекции. В кн.: *Современное состояние культур смородины и крыжовника: сборник научных трудов*. Мичуринск; 2007. С.81-90).
- Kikas A., Kahu K., Arus L., Kaldmäe H., Rätsep R., Libek A.V. Qualitative properties of the fruits of blackcurrant *Ribes nigrum* L. genotypes in conventional and organic cultivation. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*. 2017;71(3):190-197. DOI: 10.1515/prolas-2017-0032
- Kikas A., Rätsep R., Kaldmäe H., Aluvee A. and Libek A.-V. Comparison of polyphenols and anthocyanin content of different blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) cultivars at the Polli Horticultural Research Centre in Estonia. *Agronomy Research*. 2020;18(S4):2715-2726. DOI: 10.15159/AR.20.208
- Knyazev S.D., Levgerova N.S., Makarkina M.A., Pikunova A.V., Salina E.S., Chekalin E.I., Yanchuk T.V., Shavyrkina M.A.. Black currant breeding: methods, achievements, trends (Selektsiya chernoy smorodiny: metody, dostizheniya, napravleniya). Orel: VNIISPК; 2016. [in Russian] (Князев С.Д., Левгерова Н.С., Макаркина М.А., Пикунова А.В., Салина Е.С., Чекалин Е.И., Янчук Т.В., Шавыркина М.А. Селекция черной смородины: методы, достижения, направления. Орел: ВНИИСПК; 2016).
- Knyazev S.D., Ogoltsova T.P. Breeding of black currant at the present stage. (Selektsiya chernoy smorodiny na sovremennom etape). Orel: Orel State Agrarian University; 2004. [in Russian] (Князев С.Д., Огольцова Т.П. Селекция черной смородины на современном этапе. Орел: Орловский государственный аграрный университет; 2004).
- Levgerova N.S. Chemical and technological assessment of black currant cultivars for various types of processing (Khimiko-tekhnologicheskaya otsenka sortov smorodiny chernoy dlya razlichnykh vidov pererabotki). In: *Current State of Currant and Gooseberry Crops: collection of scientific papers (Sovremennoye sostoyaniye kultur smorodiny i kryzhovnika: sbornik nauchnykh trudov)*. Michurinsk; 2007. p.277-284. [in Russian] (Левгерова Н.С. Химико-технологическая оценка сортов смородины черной для различных видов переработки. В кн.: *Современное состояние культур смородины и крыжовника: сборник научных трудов*. Мичуринск; 2007. С.277-284).
- Makarkina M.A., Yanchuk T.V. Nutrients of black currant berries (Pitatelnye veshchestva yagod chernoy smorodiny). In: *Breeding, Genetics and Varietal Agricultural Practices of Fruit Crops: collection of scientific articles (Selektsiya, genetika i sortovaya agrotekhnika plodovykh kultur: sbornik nauchnykh statey)*. Orel: VNIISPК; 2009. p.110-115. [in Russian] (Макаркина М.А., Янчук Т.В. Питательные вещества ягод черной смородины. В кн.: *Селекция, генетика и сортовая агротехника плодовых культур: сборник научных статей*. Орел: ВНИИСПК; 2009. С.110-115).
- Makarkina M.A., Yanchuk T.V., Knyazev S.D. Black currant breeding for increased content of soluble solids in berries (Selektsiya smorodiny chernoy na povyshennoye soderzhaniye v yagodakh rastvorimyykh sukhikh veshchestv). *Bulletin of Agrarian Science*. 2010;6(27):122-125. [in Russian] (Макаркина М.А., Янчук Т.В., Князев С.Д. Селекция смородины черной на повышение содержания в ягодах растворимых сухих веществ. *Вестник аграрной науки*. 2010;6(27):122-125).
- Makarova N.V., Ereemeeva N.B., Barkova O.R., Demidova A.V., Azarov O.I., Demenina L.G. et al. The study of the chemical composition and antioxidant properties of black currant crop in 2014 from the collection of Scientific-Research Institute "Zhigulevskie Sady". *Food Industry*. 2015;(4):35-37. [in Russian] (Макарова Н.В., Еремеева Н.Б., Баркова О.Р., Демидова А.В., Азаров О.И., Деменина Л.Г. и др. Изучение химического состава и антиоксидантных свойств черной смородины урожая 2014 г. из коллекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады». *Пищевая промышленность*. 2015;(4):35-37).
- Mattila P.H., Hellström J., Karhu S., Pihlava J.M., Veteläinen M. High variability in flavonoid contents and composition between different North-European currant (*Ribes* spp.) varieties. *Food Chemistry*. 2016;204:14-20. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.02.056

- Nigmatzyanov R., Sorokopudov V., Nazaryuk N. Biochemical composition of black currant berries (*Ribes nigrum* L.) for development of new cultivars in Bashkortostan. *BIO Web of Conferences*. 2021;30:04004. DOI: 10.1051/bioconf/20213004004
- Nour V., Trandafir I., Ionica M.E. Ascorbic acid, antocyanins, organic acids and mineral content of some black and red currant cultivars. *Fruits*. 2011;66(5):353-362. DOI: 10.1051/fruits/2011049
- 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).
- Paunović S.M., Mašković P., Nicolici M., Miletić R. Bioactive compounds and antimicrobial activity of black currant (*Ribes nigrum* L.) berries and leaves extract obtained by different soil management system. *Scientia Horticulture*. 2017;222:69-75. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.05.015
- Pluta S., Zuravicz E. Breeding work on blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) and gooseberry (*Ribes grossularia* L.) in Poland. In: *Current State of Currant and Gooseberry Crops: collection of scientific papers (Sovremennoye sostoyaniye kultur smorodiny i kryzhovnika: sbornik nauchnykh trudov)*. Michurinsk; 2007. p.142-149.
- Popov V.S., Smyatskaya Yu.A. A modified titrimetric method for the quantitative determination of vitamin C in colored plant extracts. *Vestnik of Perm National Research Polytechnic University (PNRPU Bulletin). Chemical Technology and Biotechnology*. 2020;(4):43-53. [in Russian] (Попов В.С., Смятская Ю.А. Модифицированный титриметрический метод количественного определения витамина С в окрашенных растительных экстрактах. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология*. 2020;(4):43-53). DOI: 10.15593/2224-9400/2020.4.04
- Prichko T., Yakovenko V., Germanova M. Biochemical indicators of currant berries quality according to variety peculiarities. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2017;45(3):105-113. [in Russian] (Причко Т.Г., Яковенко В.В., Германова М.Г. Биохимические показатели качества ягод смородины с учетом сортовых особенностей. *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2017;45(3):105-113).
- Raudsepp P., Kaldmäe H., Kikas A., Libec A.V., Püssa T. Nutritional quality of berries and bioactive compounds in the leaves of black currant (*Ribes nigrum* L.) cultivars evaluated in Estonia. *Journal of Berry Research*. 2010;1(1):53-59. DOI: 10.3233/BR-2010-006
- Rubinskiene M., Viskelis P., Jasutiene I., Duchovskis P., Bobinas C. Changes in biologically active constituents during ripening in black currants. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2006;14 Suppl 2:237-246.
- Rubinskiene M., Viskelis P., Stanys V., Šikšnianas T., Sasnauskas A. Quality changes in black currant berries during ripening. *Scientific Works of Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture*. 2008;27:235-243.
- Samorodova-Bianki G.B., Streltsina S.A., Zdorenko N.A. Fruits and berries as a valuable source of substances that increase the human body's resistance to extreme factors (Plody i yagody kak tsenny istochnik veshchestv, povyshayushchikh ustoichivost organizma cheloveka k ekhstremalnym faktoram). *Research Bulletin of the N.I. Vavilov Institute of Plant Industry*. 1992;229:65-68. [in Russian] (Самородова-Бианки Г.Б., Стрельцина С.А., Здоренко Н.А. Плоды и ягоды как ценный источник веществ, повышающих устойчивость организма человека к экстремальным факторам. *Научно-технический бюллетень Всесоюзного научно-исследовательского института растениеводства им. Н.И. Вавилова*. 1992; 229:65-68).
- Seglina D., Krasnova I., Ruisa S., Strautiņa S., Heidemane G. Research on antioxidant activity of berries grown in Latvia. In: *Proceedings of International Scientific Conference "Sustainable Fruit Growing: From Plant to Product"; May 28-31, 2008; Jurmala-Dobele, Latvia*. Dobele: Latvia State Institute of Fruit-Growing; 2008. p.265-272. Available from: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20103169559> [accessed Feb. 03, 2025].
- Shavyrkina M.A., Knyazev S.D., Makarkina M.A., Tovar-nitskaya M.V. The evaluation of promising black currant genotypes for productivity and biochemical composition. *Contemporary Horticulture*. 2016;4(20):30-35. [in Russian] (Шавыркина М.А., Князев С.Д., Макаркина М.А., Товарническая М.В. Оценка устойчивых к мучнистой росе сортов образцов смородины черной по урожайности и биохимическому составу. *Современное садоводство*. 2016;4(20):30-35).
- Shirko T.S., Yaroshevich I.V. Biochemistry and fruit quality (Biochimiya i kachestvo plodov). In: *Fruit Growing (Plodovodstvo)*. Minsk; 1991. p.158-180. [in Russian] (Ширко Т.С., Ярошевич И.В. Биохимия и качество плодов. В кн.: *Плодоводство*. Минск; 1991. С.158-180).
- Sokolov S.Ya., Zamotaev I.P. Reference manual on medicinal plants (Spravochnik po lekarstvennym rasteniyam). Moscow: Meditsina; 1988. [in Russian] (Соколов С.Я., Замотаев И.П. Справочник по лекарственным растениям. Москва: Медицина; 1988).
- Strel'tsina S.A., Tikhonova O.A. Nutritious and biologically active substances of berries and leaves of a black currant (*Ribes nigrum* L.) in conditions of Northwest of Russia. *Agrarian Russia*. 2010;(1):24-31. [in Russian] (Стрельцина С.А., Тихонова О.А. Питательные и биологически активные вещества ягод и листьев смородины черной (*Ribes nigrum* L.) в условиях Северо-Запада России. *Аграрная Россия*. 2010;(1):24-31).
- Tikhonova O. A., Popov V. S. Black currant cultivars, developed at the Polli Horticultural Research Center (Estonia), in Northwest Russia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;184(3):120-134. [in Russian] (Тихонова О.А., Попов В.С. Сорта черной смородины селекции Polli Horticultural Research Center (Эстония) в условиях Северо-Запада России. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024;(3):120-134). DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-120-134
- Titova L.V. Cultivars of the European, Siberian, and Scandinavian subspecies of black currant and *Ribes dikuscha* are the basis for breeding highly vitamin forms (Sorta yevropeyskogo, sibirskogo, skandinavskogo podvidov smorodiny chernoy, smorodiny dikushi – osnova seleksii vysokovitaminnykh form). In: *Current State of Currant and Gooseberry Crops: collection of scientific papers (Sovremennoye sostoyaniye kultur smorodiny i kryzhovnika: sbornik nauchnykh trudov)*. Michurinsk; 2007. p.312-319. [in Russian] (Титова Л.В. Сорта европейского, сибирского, скандинавского подвида смородины черной, смородины дикуши – основа селекции высоковитаминных форм. В кн.: *Современное состояние культур смородины и крыжовника: сборник научных трудов*. Мичуринск; 2007. С.312-319).
- Vagiri M., Rumpunen K., Johansson E. Quality traits in black currant (*Ribes nigrum* L.) as affected by genotype and loca-

- tion. *Acta Horticulturae*. 2016;1117:207-212. DOI: 10.17660/Acta Horticulture.2016.1117.33
- Viskelis P., Bobinaite R., Rubinskiene M., Sasnauskas A., Lanauskas J. Chemical composition and antioxidant activity of small fruits. In: A.I.L. Maldonado (ed.). *Horticulture*. London: IntechOpen Ltd.; 2012. p.75-102. DOI: 10.5772/35723
- Vitkovsky V.L. Fruit plants of the world (Plodovye rasteniya mira). St. Petersburg; Moscow; Krasnodar: Lan; 2003. [in Russian] (Витковский В.Л. Плодовые растения мира. Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань; 2003).
- Wu X., Beecher G.R, Holden J.M., Haytowitz D.B., Gebhardt S.E., Prior R.L. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006;54(11):4069-4075. DOI: 10.1021/jf060300l
- Yanchuk T.V. Berry biochemical composition of black currant cultivars of Ukrainian breeding, cultivated in conditions of Orel district. *Contemporary Horticulture*. 2014;1(9):60-67. [in Russian] (Янчук Т.В. Биохимический состав ягод смородины черной сортов украинской селекции, возделываемых в условиях Орловской области. *Современное садоводство*. 2014;1(9):60-67).
- Zhbanova E.V. Biochemical assessment of red currant cultivars under the conditions of the Central Black Soil Region (Biokhimicheskaya otsenka sortov smorodiny krasnoy v usloviyakh TsChR). *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2013;37(1):146-152. [in Russian] (Жбанова Е.В. Биохимическая оценка сортов смородины красной в условиях ЦЧР. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2013;37(1):146-152).

Информация об авторах

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>

Анастасия Евгеньевна Смоленская, ведущий специалист, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, nastya-smolenska.n@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6062-4139>

Виталий Сергеевич Попов, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, popovitaly@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3274-7662>

Information about the authors

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>

Anastasia E. Smolenskaya, Leading Specialist, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, nastya-smolenska.n@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6062-4139>

Vitaliy S. Popov, Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, popovitaly@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3274-7662>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 07.03.2025; одобрена после рецензирования 23.04.2025; принята к публикации 27.05.2025. The article was submitted on 07.03.2025; approved after reviewing on 23.04.2025; accepted for publication on 27.05.2025.