



## Характеристика генетической коллекции сортов земляники (*Fragaria × ananassa* Duch.) по компонентам антиоксидантного комплекса плодов

Е. В. Жбанова, И. В. Лукъянчук

*Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, Мичуринск, Россия*

**Автор, ответственный за переписку:** Екатерина Викторовна Жбанова, shbanovak@yandex.ru

**Актуальность.** Показатели качества плодов земляники, их технологические и лечебно-профилактические свойства во многом обуславливаются химическим составом. При создании новых сортов необходимо выявление источников высокого уровня накопления макро- и микронутриентов в плодах.

**Материалы и методы.** Объектами исследований являлись плоды земляники полиморфной генетической коллекции, собранной в лаборатории частной генетики и селекции Федерального научного центра имени И.В. Мичурина и включающей созданные в учреждении сорта, элитные и отборные формы, а также интродуцированные сорта отечественной и зарубежной селекции. Изучение показателей химического состава (содержание витамина С, антоцианов) осуществлялось на приборно-аналитической базе лаборатории биохимии и пищевых технологий согласно стандартным методикам. Исследования проводились в период 1994–2020 гг.

**Результаты и выводы.** Определены диапазоны изменчивости накопления основных компонентов антиоксидантного комплекса в плодах земляники в условиях Центрально-Черноземного региона (Мичуринск): аскорбиновой кислоты – 30,1–102,3 мг/100 г; антоцианов – 3,6–124,5 мг/100 г. Проведено ранжирование сортов по рассматриваемым химическим компонентам. Большинство исследованных сортов (85,6%) отнесено в группу «среднее содержание витамина С», от 50,1–90,0 мг/100 г. Основная масса (85,6%) исследованных сортов накапливала антоцианы до 70,0 мг/100 г. Выделены ценные источники высокого накопления: витамина С (выше 90,1 мг/100 г) – ‘Кокинская заря’, ‘Лировидная’, ‘Сударушка’, ‘Zephyr’; антоцианов (выше 90,1 мг/100 г) – ‘Алена’, ‘Источник’, ‘Памяти Зубова’, ‘Привлекательная’, ‘Рубиновый кулон’, ‘Торпеда’, ‘Фейерверк’, эл. с. 56-5 («Рубиновый каскад»). Выделенные сорта представляют интерес как для потребления свежих плодов в качестве высоковитаминной продукции, так и в качестве исходного материала при создании генотипов с улучшенным химическим составом.

**Ключевые слова:** химический состав, биологически активные вещества, аскорбиновая кислота, антоцианы

**Благодарности:** работа выполнена при финансовой поддержке проекта Минобрнауки России «Национальная сетевая коллекция генетических ресурсов растений для эффективного научно-технологического развития РФ в сфере генетических технологий» по соглашению № 075-15-2021-1050 от 28.09.2021 г.

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

**Для цитирования:** Жбанова Е.В., Лукъянчук И.В. Характеристика генетической коллекции сортов земляники (*Fragaria × ananassa* Duch.) по компонентам антиоксидантного комплекса плодов. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022;183(2):32-42. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-2-32-42

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2022-2-32-42

## Description of the genetic collection of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cultivars according to the components of their fruit antioxidant complex

Ekaterina V. Zhbanova, Irina V. Luk'yanchuk

I.V. Michurin Federal Science Center, Michurinsk, Russia

**Corresponding author:** Ekaterina V. Zhbanova, shbanovak@yandex.ru

**Background.** Quality indicators, medicinal and prophylactic properties of strawberry fruits are largely determined by their chemical composition. In order to improve the breeding work, it is necessary to look for the sources of high-level accumulation of macro- and micronutrients in fruits.

**Materials and methods.** Fruits of 101 accessions from the genetic collection of introduced foreign and domestic cultivars, elite and selected forms held by the I.V. Michurin Federal Science Center were used as the target research material. All of them were grown on the experimental plantations from 1994 through 2020. Their chemical composition (ascorbic acid and anthocyanin contents) was analyzed at the Laboratory of Biochemistry and Food Technologies according to the standard methods.

**Results and conclusions.** The ranges of variability in the accumulation of primary components of the antioxidant complex in strawberry fruits in the environments of the Central Black Earth Region (Michurinsk) were measured: 30.1–102.3 mg/100 g for ascorbic acid and 3.6–124.5 mg/100 g for anthocyanins. The cultivars were ranked according to the analyzed chemical components. A majority of them were classified into the group with average vitamin C content (50.1–90.0 mg/100 g). The largest part (85.6%) of the studied cultivars accumulated anthocyanins within the range of 30.0–70.0 mg/100 g. Valuable genotypes with high levels of ascorbic acid (above 90.1 mg/100 g) were identified: cvs. 'Kokinskaya zarya', 'Lirovidnaya', 'Sudarushka' and 'Zephyr'. As for anthocyanins (above 90.1 mg/100 g), cvs. 'Alena', 'Istochnik', 'Pamyati Zubova', 'Privlecatelnaya', 'Rubinovy kulon', 'Torpeda' and 'Feyerverk', plus the elite seedling 56-5 ("Rubinovy kaskad"), showed the best results. The identified genotypes are of interest both for consumers, as they yield highly vitaminized fresh fruits, and for breeders as source material for the development of cultivars with improved chemical composition.

**Keywords:** chemical composition, bioactive substances, ascorbic acid, anthocyanins

**Acknowledgements:** This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of Russia under Agreement No. 075-15-2021-1050 of Sept. 28, 2021 within the framework of the project entitled "National network collection of plant genetic resources for effective scientific and technical development of the Russian Federation in the sphere of genetic technologies".

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

**For citation:** Zhbanova E.V., Luk'yanchuk I.V. Description of the genetic collection of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cultivars according to the components of their fruit antioxidant complex. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022;183(2):32-42. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-2-32-42

## Введение

Среди ягодных культур землянике садовой принадлежит ключевая роль. Согласно данным, опубликованным FAOSTAT, в настоящее время валовый сбор плодов земляники превышает 2/3 объема мирового производства ягод. Крупнейшими мировыми производителями плодов земляники являются КНР (2,9 млн т) и США (1,3 млн т) (FAOSTAT..., 2020). Существует более 20 видов и 600 сортов земляники, заметно различающихся по размеру, окраске, вкусу, аромату, химическому составу плодов (Hossain et al., 2016). В Государственный реестр селекционных достижений за 2020 г. (State Register..., 2020) включено 104 сорта земляники, рекомендуемых для промышленного возделывания на территории Российской Федерации. В США и странах ЕС в последние годы отмечается повышенный интерес к здоровому питанию и возросший спрос на плодую и ягодную продукцию. Привсем разнообразии плодов и ягод на рынке покупатели часто отдают предпочтение именно землянике. К странам с наибольшим потреблением плодов земляники на одного человека в год относятся: Турция (5,2 кг), Египет (4,9 кг), США (4,5 кг). В Российской Федерации, в сравнении с США и странами ЕС, этот показатель заметно (в 2,5–3,5 раза) ниже (<https://FruitNews.ru>).

Плоды земляники ценятся за десертный вкус, богатый химический состав и лечебно-профилактические свойства плодов, что позволило отнести данную культуру к категории «функциональная пища». На основе многочисленных медицинских исследований показано, что аскорбиновая кислота (витамин С), фолиевая кислота (витамин В<sub>9</sub>), биофлавоноиды (витамин Р), минеральные вещества (К, Fe) и другие ценные соединения плодов земляники определяют профилактику окислительного стресса, воспалительных процессов, сердечно-сосудистых, нейродегенеративных заболеваний (болезни Паркинсона и Альцгеймера), некоторых видов рака, диабета 2-го типа, ожирения (Giampieri et al., 2012). Установлено, что плоды земляники характеризуются большим содержанием веществ с антиоксидантной способностью в сравнении с яблоками, персиками, виноградом, апельсинами и киви (Kevers et al., 2007).

Современные селекционные программы по землянике, разработанные в США, КНР, странах ЕС, ориентированы на создание новых сортов с улучшенными хозяйственно ценными (урожайность, размер плодов), качественными (плотность, содержание сахаров, органических кислот), органолептическими (цвет, аромат) характеристиками в сочетании с высокой адаптивностью и устойчивостью к заболеваниям (Mezzetti et al., 2016; Mezzetti et al., 2018).

Для новых создаваемых генотипов земляники предложено 12 критериев отбора: продуктивность; устойчивость (толерантность) к патогенам; адаптивность растений к местным условиям и системам возделывания; морфологические особенности строения растений, способствующие «легкому сбору» плодов; длительный период плодоношения; хорошие вкусовые качества плодов; крупноплодность; высокая плотность плодов; биодоступность микронутриентов; соответствие качества плодов потребителю; окраска плодов, которая обуславливает привлекательность свежих плодов и продуктов их переработки; обогащение плодов микронутриентами, содержание которых должно быть относительно стабильным в различных почвенно-климатических условиях и оказывать существенное влияние на здоровье че-

ловека (Diamanti et al., 2011). Таким критериям, как окраска плодов и обогащение их микронутриентами, в настоящее время уделяется большое внимание.

Особый интерес к землянике связан с высоким (до 100 мг/100 г) содержанием аскорбиновой кислоты в плодах, что позволяет рассматривать ее в качестве важного источника данного витамина в рационе человека. Чтобы квалифицироваться как «источник», соответствующий продукт должен содержать «значительные количества» витамина С. «Значительные количества» определяются как содержащие не менее 15% рекомендуемой суточной дозы витамина С на порцию 100 г продукта (Mezzetti et al., 2016; Mezzetti et al., 2018). Потребность в витамине С, установленная в разных странах, составляет от 45,0 до 110,0 мг/сутки. Рекомендуемая европейская дневная норма потребления для витамина С составляет 80 мг (Commission Directive..., 2008; Mezzetti et al., 2016); в Российской Федерации – 100 мг (Popova et al., 2021).

Погодные условия вегетационного периода оказывают значительное влияние на синтез отдельных биохимических веществ, в том числе витамина С. Проведенные ранее исследования (Zhbanova, 2014) показали, что прохладная, с умеренным количеством осадков во время роста и созревания плодов погода способствовала повышению содержания аскорбиновой кислоты. Критически высокие (или низкие) температуры воздуха, обильные осадки (или их отсутствие) в этот период оказывают противоположное влияние.

Помимо витамина С, плоды земляники являются богатым источником антоцианов, флавоноидов, фенольных кислот. Антоцианы – доминирующая группа полифенолов в плодах земляники. Антоцианы обуславливают не только окраску плодов, но и в значительной степени определяют их Р-витаминные и антиоксидантные свойства (Da Silva Pinto et al., 2008). Их суммарное количество и качественный состав имеют приоритетное значение при оценке пригодности сортов к технологической переработке и замораживанию. Установленная фармакологическая суточная доза антоцианов для взрослого человека составляет от 80 мг; адекватный уровень потребления – 50 мг, верхний допустимый уровень – 150 мг (MR 2.3.1.2432-08..., 2009). По содержанию антоцианов наблюдается весьма широкий диапазон варьирования, коррелирующий с окраской плодов – от 5 мг/100 г (белоплодные и сорта с розовой окраской: 'Абрикос', 'Белый лебедь', 'Ананасная белая', 'Pineberry', 'Anablanka' и др.) до 100 мг/100 г и более (сорта с темной окраской плодов: 'Belrubi', 'Black Prince', 'Black Swan', 'Darrow', 'Dover' и др.) (Zubov, 2004; Luk'yanchuk, Zhbanova, 2017). Накопление антоцианов в плодах земляники зависит преимущественно от генетических факторов и в меньшей степени – от погодных условий среды (Luk'yanchuk, Zhbanova, 2017).

Благодаря использованию современных методов хроматографии составлен специфический антоциановый профиль плодов для культуры земляники, включающий более 25 отдельных антоциановых пигментов. Характерной особенностью антоцианового профиля плодов данной культуры является преобладание пеларгонидин-3-глюкозида. Пеларгонидин-3(малонил)-глюкозид является вторым по распространенности антоцианом земляники. В меньшем количестве присутствует цианидин-3-глюкозид (Da Silva et al, 2007; Akimov et al, 2019; Dzhanezova et al., 2020; Sirijan et al., 2020). Пеларгонидин-3-глюкозид обеспечивает ярко-красный цвет плодов земляни-

ки, а цианидин-3-глюкозид определяет более темный красный цвет (Garzón, Wrolstad, 2002). Предпочтения потребителей, склоняющихся в сторону плодов земляники ярко-красного цвета, со временем косвенно привели к выбору сортов с пеларгонидин-3-глюкозидом в качестве основной формы антоциана, составляющей 70–90% от общего количества антоцианов (Thill et al., 2013). Однако именно создание витаминных темноокрашенных сортов с высоким суммарным содержанием антоцианов представляет актуальную задачу. В проведенных нами ранее исследованиях установлена высокая суммарная антиоксидантная активность плодов земляники в пределах 32,0–78,6 мг/100 г (в пересчете на галловую кислоту). Имеется корреляционная зависимость между накоплением в плодах антоцианов и суммарной антиоксидантной активностью плодов ( $r = +0,56$ ). Прослеживается тенденция, когда сорта и формы, показавшие высокое накопление антоцианов ('Памяти Зубова', 'Фейерверк', 'Привлекательная'), характеризуются и высокой антиоксидантной активностью плодов (Zhbanova et al., 2019).

В Российской Федерации по каждой плодовой и ягодовой культуре разработаны, постоянно дополняются и уточняются параметры по накоплению важнейших питательных и биологически активных веществ. В плодах земляники современных промышленных сортов желательнее содержание биологически активных веществ на следующем уровне: аскорбиновая кислота – более 80 мг/100 г; антоцианы – более 80 мг/100 г (Kulikov et al., 2020). Проведенный нами корреляционный анализ между содержанием аскорбиновой кислоты и антоцианов показал отсутствие связи между данными показателями: коэффициент корреляции ( $r$ ) составил  $-0,18$  (Zhbanova et al., 2019). Это указывает на то, что данные вещества накапливаются в плодах земляники независимо друг от друга, и это позволяет создавать новые сорта, сочетающие в одном генотипе высокий уровень накопления как витамина С, так и антоцианов.

При возрастающих требованиях, предъявляемых к новым сортам земляники с точки зрения пищевой и витаминной ценности плодов, необходима в каждой зоне

плодоводства и ягодоводства комплексная оценка сортового фонда по химическому составу, в особенности по накоплению соединений, отвечающих за антиоксидантные свойства плодов.

В работах отечественных и зарубежных авторов имеется информация о средних показателях накопления витамина С и антоцианов в плодах земляники и пределах их изменчивости:

*содержание аскорбиновой кислоты* – от 55,8 до 121,9 мг/100 г ( $x_{cp.} = 76,3$  мг/100 г) (Makarkina, Pavel, 2017); от 37,4 до 72,2 мг/100 г ( $x_{cp.} = 60,3$  мг/100 г) (Prichko, Germanova, 2010); от 40,1 до 85,3 мг/100 г ( $x_{cp.} = 60,7$  мг/100 г) (Cordenunsi et al., 2002);

*содержание антоцианов* – от 0,5 до 82,6 мг/100 г ( $x_{cp.} = 29,5$  мг/100 г) (Nowicka et al., 2018); от 25,8 до 75,4 мг/100 г ( $x_{cp.} = 46,1$  мг/100 г) (Padula et al., 2013); от 16,0 до 107,0 мг/100 г ( $x_{cp.} = 43,0$  мг/100 г) (Makarkina, Pavel, 2017); от 67,5 до 102,3 мг/100 г ( $x_{cp.} = 82,3$  мг/100 г) (Prichko, Germanova, 2010); от 13,4 до 54,9 мг/100 г ( $x_{cp.} = 33,8$  мг/100 г) (Cordenunsi et al., 2002).

Цель настоящего исследования состояла в оценке генетической коллекции сортов земляники в условиях Центрально-Черноземного региона по содержанию аскорбиновой кислоты и антоцианов в плодах, определению вариабельности и максимального уровня их накопления, ранжировании исследованных форм по данным показателям, выделении ценных высоковитаминных форм для свежего потребления и дальнейшей селекции на качество и улучшенный химический состав плодов.

#### Материалы и методы

В работе обобщены и проанализированы данные многолетних исследований (1994–2020 гг.) по содержанию важнейших компонентов антиоксидантного профиля плодов земляники (аскорбиновой кислоты и антоцианов) генетической коллекции, включающей интродуцированные сорта отечественной и зарубежной селекции, ряд перспективных элитных и отборных селекционных форм (табл. 1).

**Таблица 1.** Сорта земляники, изучавшиеся в Федеральном научном центре имени И.В. Мичурина (г. Мичуринск)

**Table 1.** Strawberry cultivars studied at the I.V. Michurin Federal Science Center (Michurinsk)

Группы изученных сортообразцов / Groups of the studied cultivar accessions	Перечень сортообразцов / List of cultivar accessions
сорта селекции ФНЦ имени И.В. Мичурина	Лакомая, Ласточка, Памяти Зубова, Праздничная, Привлекательная, Рубиновый кулон, Урожайная ЦГЛ, Фейерверк, Флора, Яркая
интродуцированные сорта отечественной селекции	Алена, Альфа, Амулет, Былинная, Горноуктусская, Гирлянда, Деданка, Зенит, Золушка, Избранница, Карнавал, Кокинская заря, Кокинская поздняя, Крымчанка 87, Кубата, Купчиха, Куйбышевская, Награда, Незнакомка, Олимпийская надежда, Славутич, Сударушка, Торпеда, Троицкая, Фестивальная, Царица, Царскосельская, Юниол
зарубежные сорта	Источник, Клубничная, Лебедушка, Лировидная, Львовская ранняя, Прысвята, Русановка, Фестивальная ромашка, Alba, Allstar, Amy, Aprisca, Arosa, Asia, Barlidaun, Brio, Bounty, Cardinal, Dukat, Elianny, Elsanta, Favetta, Galia Civ, Gigantella Maxim., Guardian, Holiday, Honeoye, Joly, Kama, Kamarosa, Karia, Karmen, Kimberly, Klery, Korona, Lord, Marmion, Marmolada, Marshall, Maryshka, Murano, Red Gauntlet, Robunda, Roxana, Samson, Selva, Senga Sengana, Scott, Tenira, Ternata, Tioga, Tokado, Tristar, Troubadour, Vima Ksima, Vima Rina, Vima Tarda, Vima Zanta, Zephyr
элитные сеянцы (эл. с.) и отборные формы (о. ф.)	эл. с. 35-5, эл. с. 56-5 («Рубиновый каскад»), эл. с. 613-30, эл. с. 750-30, о. ф. 922-67

Химические анализы плодов были проведены на базе лаборатории биохимии и пищевых технологий ФНЦ имени И.В. Мичурина согласно стандартным методикам. Образцы плодов отбирали в период массового созревания.

Содержание в плодах витамина С определяли титриметрическим (йодометрическим) методом, который заключается в титровании аскорбиновой кислоты йодатом калия (KJO<sub>3</sub>) в кислой среде в присутствии йодида калия (KI), что позволяет именно у темноокрашенных ягодных культур, в том числе земляники, лучше определить момент окончания титрования. Объективное и достаточно точное определение точки окончания титрования без вмешательства человека, независимо от количественного содержания антоциановых пигментов в вытяжке, было достигнуто за счет применения в анализах автоматического титратора G20S серии Titration Compact (METTLER TOLEDO, Швейцария).

Содержание антоцианов определяли методом рН-дифференциальной спектрофотометрии, при котором измерение оптической плотности раствора проводится при рН 1,0 и рН 4,5 и длинах волн 510 и 700 нм. Измерения показаний оптической плотности проводили на спектрофотометре Genesys 10S Uv-Vis (США). Молярный коэффициент экстинкции ( $\epsilon$ ) цианидин-3-глюкозида составляет 26 900 дм<sup>3</sup> моль<sup>-1</sup> см<sup>-1</sup>; молекулярная масса цианидин-3-глюкозида – 449,2 г/моль (Ermakov et al., 1987; R 4.1.1672-03..., 2004). Данные по содержанию витамина С и антоцианов приведены в мг/100 г из расчета на сырой вес плодов.

Полученные многолетние опытные данные обрабатывали соответствующими методами математической статистики с использованием программы Microsoft Office Excel 2016.

### Результаты и обсуждение

По итогам анализа многолетних исследований большого массива образцов определено среднее накопление витамина С в плодах земляники в условиях Центрально-Черноземного региона (Мичуринск) в количестве 66,7 ± 1,33 мг/100 г; антоцианов – 50,6 ± 2,18 мг/100 г (табл. 2).

Наименьшее выявленное за годы исследований количество витамина С в плодах составило 27,8 мг/100 г ('SengaSengana', Германия), наибольшее – 125,4 мг/100 г

('Zephyr', Дания). Интервал ( $\Delta$ ) между минимальным и максимальным значением признака в исследованной группе сортов составил 97,6 мг/100 г. По окраске плодов, а следовательно, и по содержанию антоцианов, в коллекции исследованных сортообразцов также наблюдался значительный полиморфизм. Минимальное за годы исследований накопление антоцианов (3,6 мг/100 г) обнаружено у сорта 'Лебедушка' (Украина), максимальное – 171,6 мг/100 г ('Рубиновый кулон', Россия, ФНЦ им. И.В. Мичурина). По содержанию антоцианов интервал ( $\Delta$ ) между минимальным и максимальным значением признака у исследованных образцов достигал еще большей величины – 168,0 мг/100 г. Таким образом, показано, что важнейшие химические показатели, такие как содержание аскорбиновой кислоты и антоцианов, обладают значительной степенью изменчивости.

Это позволило среди большого массива исследованных сортов отобрать генотипы с высоким накоплением данных биологически ценных компонентов.

Л. И. Вигоровым при обобщении информации по С-витаминности плодов земляники для 500 образцов в различных регионах бывшего СССР было определено среднее содержание в количестве 60 мг/100 г. Сорта, содержащие 40 мг/100 г витамина С, оценивались им как низковитаминные, 60 мг/100 г – средневитаминные, 80 мг/100 г – высоковитаминные, 100 мг/100 г и более – особенно витаминные (Vigorov, 1976). В классификаторе рода *Fragaria* L. (Mazhorov, Korneychuk, 1992) предложена градация по содержанию витамина С в плодах земляники, где низкий уровень накопления составляет менее 50,0 мг/100 г; средний – от 50,1 до 90,0 мг/100 г; высокий – выше 90,1 мг/100 г.

Проведенный анализ генетической коллекции показал, что большая часть (85,6%) изученных сортов входят в группу со средним содержанием аскорбиновой кислоты (50,1–90,0 мг/100 г) (табл. 3).

Процентное соотношение сортов с низким (менее 50,0 мг/100 г) и высоким (90,1 мг/100 г и выше) содержанием витамина С составило соответственно 10,3% и 4,1%. Наибольшее (свыше 90,1 мг/100 г) накопление витамина С отмечено у сортов 'Кокинская заря', 'Лири-видная', 'Сударушка', 'Zephyr', которые в наибольшей степени соответствуют требованиям современных селекционных программ по данному показателю. Следует

**Таблица 2. Вариабельность накопления аскорбиновой кислоты и антоцианов в плодах земляники, 1994–2020 гг. (Центрально-Черноземный регион, Мичуринск)**

**Table 2. Variability in the accumulation of ascorbic acid and anthocyanins in strawberry fruits, 1994–2020 (Michurinsk, Central Black Earth Region)**

Показатель / Indicator	Витамин С, мг/100 г сырого веса плодов / Vitamin C, mg/100 g fresh fruit weight	Антоцианы, мг/100 г сырого веса плодов / Anthocyanins, mg/100 g fresh fruit weight
Среднее ( $\bar{x}$ )	66,7	50,6
Стандартная ошибка $S_{(\bar{x})}$	1,33	2,18
Минимум	27,8	3,6
Максимум	125,4	171,6
Интервал( $\Delta$ )	97,6	168,0

**Таблица 3. Распределение сортов земляники, изучавшихся в Федеральном научном центре имени И.В. Мичурина (1994–2020 гг.), по содержанию аскорбиновой кислоты в плодах****Table 3. Distribution of strawberry cultivars studied at the I.V. Michurin Federal Science Center (1994–2020) according to ascorbic acid content in fruits**

Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г сырого веса плодов / Ascorbic acid content, mg/100 g fresh fruit weight		
≤ 50,0	50,1 – 90,0	> 90,1
Былинная, Источник, Карнавал, Крымчанка 87, Лебедушка, Троицкая, Юниол, Elianny, Karia, Senga Sengana	Алена, Альфа, Амулет, Гирлянда, Горноуктусская, Деданка, Золушка, Зенит, Избранница, Кама, Kamarosa, Кокинская поздняя, Клубничная, Кубата, Куйбышевская, Купчиха, Лакомая, Ласточка, Львовская ранняя, Награда, Незнакомка, Олимпийская надежда, Памяти Зубова, Праздничная, Привлекательная, Прысвята, Рубиновый кулон, Русановка, Славутич, Торпеда, Урожайная ЦГЛ, Фестивальная, Фестивальная ромашка, Фейерверк, Флора, Царица, Царскосельская, Яркая, Alba, Allstar, Amy, Aprica, Arosa, Asia, Barlidaun, Brio, Bounty, Cardinal, Dukat, Elsanta, Favetta, Galia Civ, Gigantella Maxim., Guardian, Holiday, Honeoye, Joly, Karmen, Kimberly, Klery, Korona, Lord, Marmon, Marmolada, Marshall, Maryshka, Murano, Robunda, Roxana, Red Gauntlet, Samson, Selva, Scott, Tenira, Ternata, Tioga, Tokado, Tristar, Troubadour, Vima Ksima, Vima Rina, Vima Tarda, Vima Zanta	Кокинская заря, Лировидная, Сударушка, Zephyr
<i>Процентное соотношение</i>		
10,3%	85,6%	4,1%

выделить в качестве источников повышенного накопления аскорбиновой кислоты (от 74,9 до 89,3 мг/100 г) сорта 'Гирлянда', 'Горноуктусская', 'Купчиха', 'Львовская ранняя', 'Памяти Зубова', 'Привлекательная', 'Русановка', 'Торпеда', 'Фестивальная ромашка', эл. с. 56-5 («Рубиновый каскад»).

А. А. Зубов, рассматривая перспективы селекционной работы на улучшение качества и химического состава плодов земляники, отмечал, что большую ценность для свежего потребления, а также для переработки представляют сорта с уровнем накопления антоцианов выше 50,0 мг/100 г (Zubov, 2004). В классификаторе рода *Fragaria* L. (Mazhorov, Korneychuk, 1992) разработанная группировка генотипов земляники по уровню накопления антоцианов в плодах отсутствует. Принимая за единицу градации признака 20,0 мг/100 г, нами предложено ранжирование генотипов земляники по содержанию антоцианов в плодах (табл. 4).

Согласно представленной градации, в исследованной коллекции сортов на долю светлоокрашенных форм с очень низким (ниже 30,0 мг/100 г) накоплением антоцианов приходится 13,4% (табл. 5).

По накоплению антоцианов основная масса (85,6%) исследованных сортов включена в первые три группы

(очень низкое, низкое и среднее содержание), то есть до 70,0 мг/100 г. Количество сортов в четвертой группе с высоким содержанием антоцианов (в пределах 70,1–90,0 мг/100 г) и в пятой группе с очень высоким содержанием антоцианов (90,1 мг/100 г и более) составило по 7,2% соответственно. Ряд современных зарубежных сортов: 'Alba', 'Arosa', 'Aprica', 'Galia Civ', 'Karia', 'Roxana', 'Ternata', 'Tristar', 'Vima Rina', входящие в первую группу, имеют очень низкий уровень содержания антоцианов (менее 30,0 мг/100 г). Следует выделить ряд сортов селекции ФНЦ имени И.В. Мичурина: 'Памяти Зубова', 'Привлекательная', 'Рубиновый кулон', 'Фейерверк', входящих в группу с очень высоким накоплением данных соединений. Примечательно, что получены они при использовании в гибридизации сорта 'Senga Sengana', являющегося ценным донором по данному признаку (рисунок). Проведенные ранее исследования (Luk'yanchuk, Zhbanova, 2017) показали, что сорт 'Привлекательная' является донором высокого содержания антоцианов, 'Львовская ранняя' – аскорбиновой кислоты.

Как видно из таблицы 6, полученные в ФНЦ имени И.В. Мичурина сорта и элитные формы земляники представляют интерес в качестве ценных источников витаминов С и Р.

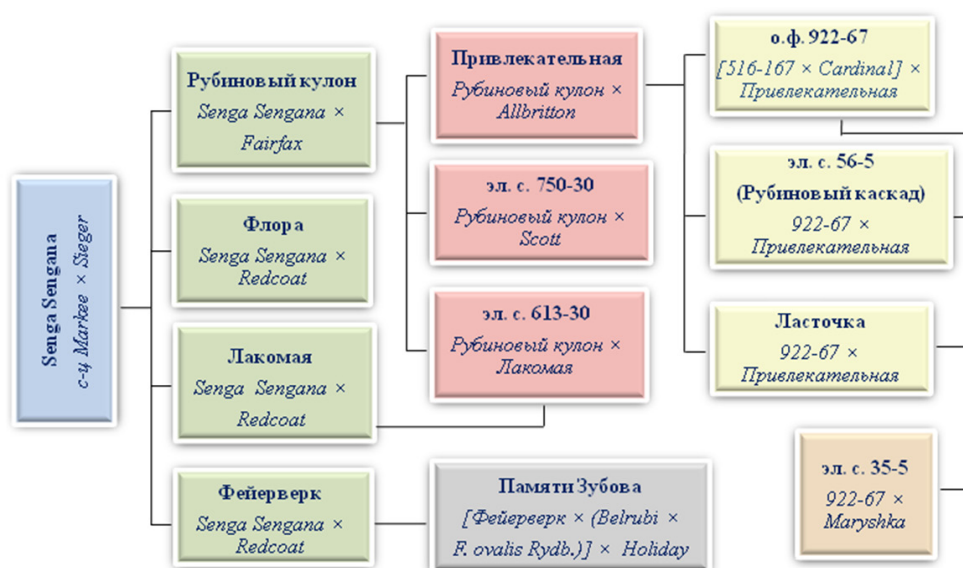
**Таблица 4. Ранжирование генотипов земляники по содержанию антоцианов в плодах**  
**Table 4. Ranking of strawberry genotypes according to the content of anthocyanins in fruits**

Ранг / Rank	Содержание антоцианов, мг/100 г сырого веса плодов / Anthocyanin content, mg/100 g fresh fruit weight
очень низкое	< 30,0
низкое	30,1 – 50,0
среднее	50,1 – 70,0
высокое	70,1 – 90,0
очень высокое	> 90,1

**Таблица 5. Распределение сортов земляники, изучавшихся в Федеральном научном центре имени И.В. Мичурина (1994–2020), по содержанию антоцианов в плодах**

**Table 5. Distribution of strawberry cultivars studied at the I.V. Michurin Federal Science Center (1994–2020) according to the content of anthocyanins in fruits**

Содержание антоцианов, мг/100 г сырого веса плодов / Anthocyanin content, mg/100 g fresh fruit weight				
< 30,0	30,1–50,0	50,1–70,0	70,1–90,0	> 90,1
Былинная, Лебедушка, Олимпийская надежда, Троицкая, Alba, Arosa, Aprica, Galia Civ, Karia, Roxana, Ternata, Tristar, Vima Rina	Альфа, Горноуктусская, Избранница, Кокинская заря, Куйбышевская, Ласточка, Львовская ранняя, Награда, Праздничная, Присвята, Русановка, Сударушка, Урожайная ЦГЛ, Фестивальная, Фестивальная ромашка, Царскосельская, Яркая, Аму, Asia, Barlidaun, Bounty, Cardinal, Elianny, Elsanta, Guardian, Holiday, Honeoye, Kamarosa, Kimberly, Klery, Lord, Marmolada, Murano, Red Gauntlet, Robunda, Selva, Tenira, Vima Ksima, Vima Zanta, Zephyr	Амулет, Гирлянда, Зенит, Золушка, Карнавал, Клубничная, Кубата, Купчиха, Лакомая, Лировидная, Незнакомка, Славутич, Флора, Юниол, Царица, Allstar, Brio, Dukat, Favetta, Joly, Kama, Karmen, Korona, Marmion, Maryska, Samson, Scott, Tioga, Trubadour, Vima Tarda	Деданка, Кокинская поздняя, Крымчанка 87, Gigantella Maxim, Marsall, Senga Sengana, Tokado	Алена, Источник, Памяти Зубова, Привлекательная, Рубиновый кулон, Торпеда, Фейерверк
<i>Процентное соотношение</i>				
13,4%	41,3%	30,9%	7,2%	7,2%



**Рисунок.** Происхождение некоторых перспективных сортов, элитных и отборных форм земляники  
**Figure.** Pedigrees of some promising strawberry cultivars and new elite forms

**Таблица 6.** Содержание аскорбиновой кислоты и антоцианов в плодах перспективных сортов и элитных форм земляники селекции ФНЦ имени И.В. Мичурина

**Table 6.** The content of ascorbic acid and anthocyanins in the fruits of promising strawberry cultivars and elite forms developed at the I.V. Michurin Federal Science Center

Сорта, отборные и элитные формы / Cultivars, selected and elite forms	Витамин С, мг/100 г сырого веса плодов / Vitamin C, mg/100 g fresh fruit weight		Антоцианы, мг/100 г сырого веса плодов / Anthocyanins, mg/100 g fresh fruit weight	
	Среднее / Пределы варьирования / Mean / Limits of variation	Коэффициент вариации V, % / Coefficient of variation V, %	Среднее / Пределы варьирования / Mean / Limits of variation	Коэффициент вариации V, % / Coefficient of variation V, %
Рубиновый кулон	$55,7 \pm 2,77$ 27,7–88,9	25,8	$103,1 \pm 5,82$ 79,4–171,6	21,8
Лакомая	$59,3 \pm 3,44$ 49,3–78,3	16,4	$68,1 \pm 4,76$ 57,2–81,4	17,1
Привлекательная	$78,5 \pm 3,28$ 50,6–116,2	20,0	$101,6 \pm 5,15$ 65,9–154,0	23,2
Фейерверк	$52,7 \pm 1,93$ 38,7–76,9	18,7	$107,8 \pm 3,29$ 70,4–136,4	13,7
Флора	$65,0 \pm 2,52$ 59,0–76,1	9,5	$74,2 \pm 4,33$ 60,4–86,8	14,3
Памяти Зубова	$75,3 \pm 5,15$ 51,9–85,8	16,8	$91,6 \pm 10,96$ 70,1–105,9	20,7
Ласточка	$56,1 \pm 3,19$ 46,7–60,3	11,4	$44,0 \pm 4,06$ 34,2–52,2	18,5
эл. с. 35-5	$63,5 \pm 4,01$ 51,9–76,1	14,1	$62,1 \pm 5,59$ 42,5–73,4	20,1
эл. с. 56-5 («Рубиновый каскад»)	$89,3 \pm 7,08$ 75,2–103,0	15,8	$105,6 \pm 12,70$ 83,6–127,6	20,8
эл. с. 613-30	$55,3 \pm 4,67$ 49,3–64,5	14,6	$91,7 \pm 11,38$ 79,2–114,4	21,5
о. ф. 922-67	$68,9 \pm 4,95$ 64,0–73,9	–	$84,7 \pm 1,10$ 83,6–85,8	–



### Заключение

Представлена развернутая оценка генетической коллекции сортов земляники в условиях Центрально-Черноземного региона (Мичуринск) по накоплению аскорбиновой кислоты и антоцианов в плодах. Определены средние значения и интервалы варьирования данных химических компонентов. По содержанию аскорбиновой кислоты среднее значение ( $\bar{x}$ ) составило 66,7 мг/100 г, пределы варьирования – 30,1–102,3 мг/100 г; по содержанию антоцианов среднее значение ( $\bar{x}$ ) составило 50,6 мг/100 г, пределы варьирования – 3,6–124,5 мг/100 г.

Проведено ранжирование изученных сортов по накоплению в плодах витамина С (на 3 группы) и антоцианов (на 5 групп). Большая часть (85,6%) исследованных сортов включена в группу «среднее содержание витамина С» (от 50,1 до 90,0 мг/100 г). Количество сортов в группе с низким (менее 50,0 мг/100 г) накоплением витамина С составило 10,3%, с высоким (выше 90,1 мг/100 г) – 4,1%. Согласно предложенной нами градации по содержанию в плодах земляники антоцианов, основная масса (85,6%) исследованных сортов вошла в первые три группы (очень низкое, низкое и среднее содержание), то есть до 70,0 мг/100 г. Сорта с высоким (70,1–90,0 мг/100 г) и очень высоким (90,1 мг/100 г и более) содержанием антоцианов составляли в количественном отношении соответственно по 7,2%.

На основе скрининга сортов выделены ценные генотипы земляники с высоким накоплением биологически активных веществ. Наибольшее (выше 90,1 мг/100 г) накопление аскорбиновой кислоты выявлено у сортов 'Сударушка', 'Кокинская заря', 'Лировидная', 'Zephyr'. Сорта селекции ФНЦ имени И.В. Мичурина 'Привлекательная', 'Рубиновый кулон', 'Фейерверк' характеризуются стабильно высоким (более 100 мг/100 г, по среднеголетним данным) уровнем накопления антоцианов в плодах. Также высоким уровнем содержания антоцианов отличаются сорта 'Лакомая', 'Памяти Зубова', 'Флора', 'Источник', 'Алена', 'Торпеда', эл. с. 56-5 («Рубиновый каскад»).

Полученные данные имеют большое значение для характеристики культуры земляники в конкретном (Центрально-Черноземном) регионе выращивания по наиболее значимым компонентам антиоксидантного комплекса плодов и выделения ценных сортов и селекционных форм как источников высоковитаминной ягодной продукции, а также в качестве исходного материала в селекционной работе.

### References / Литература

Akimov M.Yu., Zhanova E.V., Makarov V.N., Perova I.B., Shevyakova L.V., Vrzhesinskaya O.A. et al. Nutrient value of fruit in promising strawberry varieties. *Problems of Nutrition*. 2019;88(2):64-72. [in Russian] (Акимов М.Ю., Жбанова Е.В., Макаров В.Н., Перова И.Б., Шевякова Л.В., Вржесинская О.А. и др. Пищевая ценность плодов перспективных сортов земляники. *Вопросы питания*. 2019;88(2):64-72). DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10019

Commission Directive 2008/100/EC of 28 October 2008 amending Council Directive 90/496/EEC on nutrition labelling for foodstuffs as regards recommended daily allowance, energy conversion factors and definitions. *Official Journal of the European Union*. 2008;1/285:9-12. Available from: [https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Dir2008\\_100.pdf](https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Dir2008_100.pdf) [accessed Dec. 12, 2021].

Cordenunsi B.R., Oliveira do Nascimento J.R., Genovese M.I., Lajolo F.M. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002;50(9):2581-2586. DOI: 10.1021/jf011421i

Da Silva F.L., Escribano-Bailón M.T., Pérez Alonso J.J., Rivas-Gonzalo J.C., Santos-Buelga C. Anthocyanin pigments in strawberry. *LWT – Food Science and Technology*. 2007;40(2):374-382. DOI: 10.1016/j.lwt.2005.09.018

Da Silva Pinto M., Lajolo F.M., Genovese M.I. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Food Chemistry*. 2007;107(4):1629-1635. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.10.038

Diamanti J., Battino M., Mezzetti B. Breeding for fruit nutritional and nutraceutical quality. In: M.A. Jenks P.J. Bebeli (eds). *Breeding for Fruit Quality*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.; 2011. p.61-79. DOI: 10.1002/9780470959350

Dzhanfvezova T., Barba-Espín G., Müller R., Joernsgaard B., Hegelund J.N., Madsen B. et al. Anthocyanin profile, antioxidant activity and total phenolic content of a strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) genetic resource collection. *Food Bioscience*. 2020;36:100620. DOI: 10.1016/j.fbio.2020.100620

Ermakov A.I. (ed.). *Methods of biochemical research on plants (Metody biokhimitscheskogo issledovaniya rasteniy)*. Leningrad; 1987. [in Russian] (Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. Ленинград; 1987).

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations: [site]. Available from: <https://www.fao.org/faostat/en>

FruitNews: [site]. URL: <https://fruitnews.ru/analytics/49610-indexbox-mirovoj-rynok-zemlyaniki-vstoimostnom-vyrazhenii-dostig-15-9-mlrd.html> [дата обращения 12.02.2021].

Garzón G.A., Wrolstad R.E. Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *Journal of Food Science*. 2020;67(4):1288-1299. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb10277.x

Giampieri F., Tulipani S., Alvarez-Suarez J.M., Quiles J.L., Mezzetti B., Battino M. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*. 2012;28(1):9-19. DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.009

Hossain A., Begum P., Zannat S., Rahman M.H., Ahsan M., Islam S.N. Nutrient composition of strawberry genotypes cultivated in a horticulture farm. *Food Chemistry*. 2016;199:648-652. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.12.056

Kevers C, Falkowski M., Tabart J., Defraigne J.O., Dommes J., Pincemail J. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007;55(21):8596-603. DOI: 10.1021/jf071736j

Kulikov I.M., Aytzhanova S.D., Andronova N.V., Borisova A.A., Tumaeva T.A. A model of a commercial strawberry variety for the conditions of central Russia. *Horticulture and Viticulture*. 2020;(3):5-10. [in Russian] (Куликов И.М., Айтжанова С.Д., Андроннова Н.В., Борисова А.А., Тумаева Т.А. Модель промышленного сорта земляники садовой для условий средней полосы России. *Садоводство и виноградарство*. 2020;(3):5-10). DOI: 10.31676/0235-2591-2020-3-5-10

Luk'yanchuk I.V., Zhanova E.V. Estimation of genetic collection for anthocyanin content in strawberry fruits. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2017;(38):134-148. [in Russian] (Лукьянчук И.В., Жбанова Е.В. Оценка генетической коллекции земляники по содержанию

- в плодах антоцианов. *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2017;(38):134-148. DOI: 10.17223/19988591/38/8
- Makarkina M.A., Pavel A.R. Biologically active substances in strawberry berries grown in Orel region. *Contemporary Horticulture*. 2017;2(22):10-16. [in Russian] (Макаркина М.А., Павел А.Р. Биологически активные вещества в ягодах земляники, выращенной в условиях Орловской области. *Современное садоводство*. 2017;2(22):10-16). DOI: 10.24411/2218-5275-2017-00021
- Mazhorov E.V., Korneychuk V.A. (comp.), Classifier (Codifier, Descriptor list) of the genus *Fragaria* L. – Strawberries. (Klassifikator [Kodifikator, Descriptor list] roda *Fragaria* L. – Zemlyanika). St. Petersburg: VIR; 1992. [in Russian] (Классификатор (Кодификатор, Descriptor list) рода *Fragaria* L. – Земляника / сост.: Е.В. Мажоров, В.А. Корнейчук. Санкт-Петербург: ВИР; 1992).
- Mezzetti B., Balducci F., Capocasa F., Zong C.F., Di Vittori L., Battino M. Breeding strawberry for higher phytochemicals content and claim it: Is it possible? *International Journal of Fruit Science*. 2016;16(1):194-206. DOI: 10.1080/15538362.2016.1250695
- Mezzetti B., Giampieri F., Zhang Y.T., Zong C.F. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. *Journal of Berry Research*. 2018;8(3):205-221. DOI: 10.3233/jbr-180314
- MR 2.3.1.2432-08 Guidelines "Norms of physiological requirements in energy and nutrients for different groups of population in the Russian Federation" (Metodicheskie rekomendatsii MR 2.3.1.2432-08 "Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii"). Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of the Russian Federal Service on Customers' Rights; 2009. [in Russian] (Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»). Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2009).
- Nowicka A., Kucharska A.Z., Sokół-Łętowska A., Fecka I. Comparison of polyphenol content and antioxidant capacity of strawberry fruit from 90 cultivars of *Fragaria × ananassa* Duch. *Food Chemistry*. 2018;270:32-46. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.015
- Padula M.C., Lepore L., Milella M., Ovesna J., Malafrente N., Martelli G. et al. Cultivar based selection and genetic analysis of strawberry fruits with high levels of health promoting compounds. *Food Chemistry*. 2013;140(4):639-646. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.025
- Popova A.Yu., Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. On the new (2021) norms of physiological requirements in energy and nutrients of various groups of the population of the Russian Federation. *Problems of Nutrition*. 2021;90(4):6-19. [in Russian] (Попова А.Ю., Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. О новых (2021) нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. *Вопросы питания*. 2021;90(4):6-19). DOI: 10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19
- Prichko T.G., Germanova M.G. Comparative evaluation of biochemical composition of strawberries in the south of Russia. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2010;2(1):107-113. [in Russian] (Причко Т.Г., Германова М.Г. Сравнительная оценка биохимического состава ягод земляники в условиях юга России. *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2010;2(1):107-113).
- R 4.1.1672-03 Guide on methods of quality control and safety of biologically active additives in food (Rukovodstvo po metodam kontrolya kachestva i bezopasnosti biologicheskikh aktivnykh dobavok k pishche). Moscow: Federal Center for State Epidemiological Supervision of the Russian Ministry of Health; 2004. [in Russian] (Р 4.1.1672-03 Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России; 2004).
- Sirijan M., Pipattanawong N., Saeng-on B., Chaiprasart P. Anthocyanin content, bioactive compounds and physico-chemical characteristics of potential new strawberry cultivars rich in anthocyanins. *Journal of Berry Research*. 2020;10(1):1-14. DOI: 10.3233/jbr190487
- State Register for Selection Achievements Admitted for Usage (National List). Vol. 1. "Plant varieties" (official publication). Moscow: Rosinformagrotekh; 2020. [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: Росинформагротех; 2020). URL: [https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2020/03/FIN\\_reestr\\_dop\\_12\\_03\\_2020.pdf](https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2020/03/FIN_reestr_dop_12_03_2020.pdf) [дата обращения: 17.03.2021].
- Thill J., Miosic S., Gotame T.P., Mikulic-Petkovsek M., Gosch C., Veberic R. et al. Differential expression of flavonoid 3'-hydroxylase during fruit development establishes the different B-ring hydroxylation patterns of flavonoids in *Fragaria × ananassa* and *Fragaria vesca*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2013;72:72-78. DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.03.019
- Vigorov L.I. The garden of medicinal crops (Sad lechebnykh kultur). Sverdlovsk: Middle-Ural Book Publishers; 1976. [in Russian] (Вигоров Л.И. Сад лечебных культур. Свердловск: Средне-Уральское книжное издательство; 1976).
- Zhbanova E.V. Dependence of the chemical composition of strawberries on the weather conditions of the growing season (Zavisimost khimicheskogo sostava yagod zemlyaniki ot pogodnykh usloviy perioda vegetatsii). *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2014;38(1):150-157. [in Russian] (Жбанова Е.В. Зависимость химического состава ягод земляники от погодных условий периода вегетации. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2014;38(1):150-157).
- Zhbanova E.V., Luk'yanchuk I.V., Mironov A.M. Vitamin and antioxidant value of fruits of strawberry varieties and selected forms bred in I.V. Michurin Federal Scientific Center. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2019;(6):36-48. [in Russian] (Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В., Миронов А.М. Витаминная и антиоксидантная ценность плодов сортов и отборных форм земляники селекции ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина». *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2019;(6):36-48). DOI: 10.34677/0021-342x-2019-6-36-48
- Zubov A.A. Theoretical foundations of strawberry breeding (Teoreticheskiye osnovy seleksii zemlyaniki). Michurinsk: I.V. Michurin All-Russian Research Institute of Fruit Crop Genetics and Breeding; 2004. [in Russian] (Зубов А.А. Теоретические основы селекции земляники. Мичуринск: ВНИИГиСПР; 2004).

### *Информация об авторах*

**Екатерина Викторовна Жбанова**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, 393774 Россия, Тамбовская область, Мичуринск, ул. Мичурина, 30, shbanovak@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5045-384X>

**Ирина Васильевна Лукьянчук**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, 393774 Россия, Тамбовская область, Мичуринск, ул. Мичурина, 30, irina.lk2011@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1626-840X>

### *Information about the authors*

**Ekaterina V. Zhbanova**, Dr. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, I.V. Michurin Federal Science Center, 30 Michurina St., Michurinsk, Tambov Province 393774, Russia, shbanovak@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5045-384X>

**Irina V. Luk'yanchuk**, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, I.V. Michurin Federal Science Center, 30 Michurina St., Michurinsk, Tambov Province 393774, Russia, irina.lk2011@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1626-840X>

**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 24.02.2022; одобрена после рецензирования 25.03.2022; принята к публикации 03.06.2022.

The article was submitted on 24.02.2022; approved after reviewing on 25.03.2022; accepted for publication on 03.06.2022.