

УДК 634.75:581.192

UDC 634.75:581.192

DOI 10.30679/2219-5335-2021-1-67-66-90

DOI 10.30679/2219-5335-2021-1-67-66-90

**ОЦЕНКА  
СОДЕРЖАНИЯ АНТОЦИАНОВ  
В ПЛОДАХ ЗЕМЛЯНИКИ  
В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

**ESTIMATION  
OF ANTHOCYANIN CONTENT  
IN THE STRAWBERRY FRUITS  
UNDER FIELD CONDITIONS**

Лукьянчук Ирина Васильевна  
канд. с.-х. наук  
старший научный сотрудник  
лаборатории частной генетики  
и селекции  
e-mail: [irina.lk2011@yandex.ru](mailto:irina.lk2011@yandex.ru)

Luk'yanchuk Irina Vasilievna  
Cand. Agr. Sci.  
Senior Research Associate  
of Private Genetics  
and Breeding Laboratory  
e-mail: [irina.lk2011@yandex.ru](mailto:irina.lk2011@yandex.ru)

Жбанова Екатерина Викторовна  
д-р с.-х. наук  
ведущий научный сотрудник  
лаборатории биохимии  
и пищевых технологий  
e-mail: [shbanovak@yandex.ru](mailto:shbanovak@yandex.ru)

Zhbanova Yekaterina Viktorovna  
Dr. Sci. Agr.  
Leading Research Associate  
of Biochemistry  
and Food Technology Laboratory  
e-mail: [shbanovak@yandex.ru](mailto:shbanovak@yandex.ru)

*Федеральное государственное  
бюджетное научное учреждение  
«ФНЦ имени И. В. Мичурина»,  
Мичуринск, Россия*

*Federal State Budget  
Scientific Institution  
«I.V. Michurin FSC»,  
Michurinsk, Russia*

Разработаны методические аспекты отбора генотипов земляники с высоким содержанием антоцианов. Они основаны на обобщении многолетних исследований накопления антоцианов в плодах большого набора сортов, элитных и отборных форм, гибридного материала, проведённых как в полевых, так и в лабораторных условиях. Приведена усовершенствованная цветная шкала, состоящая из 15 цветных фотографий образцов, более полно отражающих весь спектр изменения окраски плодов от светлого до тёмного оттенков, связанных с меньшим или большим накоплением антоцианов. Разработанная шкала позволяет осуществлять полевую экспресс-оценку содержания антоцианов в плодах земляники как многочисленной генетической коллекции, так и гибридного фонда. Надёжность данного метода оценки подтверждается высокой степенью корреляции ( $r = +0,82$ ) между

Methodical aspects for the selection of strawberry genotypes with high anthocyanins content have been developed. They are based on a generalize of long-term studies of the anthocyanins accumulation in the fruits of a large number of varieties, elite and selected forms and hybrid material, carried out both in the field and in the laboratory. An improved color scale is presented, consisting of 15 color photographs of samples that more fully reflect the entire spectrum of fruit color changes from light to dark shades associated with less or greater accumulation of anthocyanins. The developed estimation scale makes it possible to carry out a field rapid estimation of the anthocyanins content in the strawberry fruits of both the numerous genetic collections

содержанием антоцианов в плодах, определенном в полевых условиях с использованием разработанной цветной шкалы у 457 форм земляники и содержанием антоцианов в этих же образцах, определенном в лабораторных условиях методом рН- дифференциальной спектрофотометрии. Разработана градация анализируемых генотипов в зависимости от накопления антоцианов на 5 групп – от очень низкого (30,0 мг/100г и ниже) до очень высокого (90,1 мг/100г и более). Результаты проведенных исследований земляники позволили выделить перспективные сорта и формы (Рубиновый кулон, Привлекательная, Фейерверк, 3/3-16 (Фейерверк × Марышка), 3/6-72 (Рубиновый кулон × Марышка), 3/2-3 (Фейерверк × Львовская ранняя)) – источники высокого накопления антоцианов, пригодные для свежего потребления, переработки и замораживания, а также для дальнейшей селекционной работы на улучшенный химический состав плодов.

*Ключевые слова:* ЗЕМЛЯНИКА, СОРТ, ОТБОРНЫЕ И ЭЛИТНЫЕ ФОРМЫ, ГИБРИДЫ, АНТОЦИАНЫ

and the hybrid fund. The reliability of this method is confirmed by a high correlation ( $r = +0.82$ ) between the fruit anthocyanins content determined in the field using the color scale carried out for 457 strawberry forms and then that determination by the differential spectrophotometry. A gradation of the analyzed genotypes depending on the anthocyanins content is including 5 groups from very low (30.0 mg/100g and below) to very high (90.1 mg/100g and more). As a result of the research, promising strawberry varieties and forms (Rubinovyy Kulon, Privlekatel'naya, Feyyerverk, 3/3-16 (Feyyerverk × Maryshka), 3/6-72 (Rubinovyy Kulon × Maryshka), 3/2-3 (Feyyerverk × L'vovskaya Rannyaya)) – the sources of high anthocyanins content suitable for fresh consumption, processing and freezing, and further breeding on the improved chemical composition of fruits were identified.

*Key words:* STRAWBERRY, VARIETY, SELECTED AND ELITE FORMS, HYBRIDS, ANTHOCYANINS

**Введение.** Земляника садовая (*Fragaria × ananassa* Duch.) относится к числу наиболее распространённых ягодных культур. Она ценится за скороплодность, ранний срок созревания, десертный вкус и богатый биохимический состав плодов [1]. Валовый сбор плодов земляники составляет свыше 2/3 объёма мирового производства ягод [2]. В 2016 году в мире было произведено 9,1 млн. т. плодов земляники. Лидирующие позиции среди стран-производителей земляники занимает Китай (3,8 млн. т., что составляет 41,7% общемирового производства).

В Российской Федерации в 2016 г. валовый сбор плодов земляники составил 197,5 тысяч тонн (2,2 % мирового производства), что не удовлетворяет потребности населения в витаминной продукции [2]. К числу стран

с самым высоким уровнем потребления земляники на одного человека в год относятся: Турция (5,2 кг), Египет (4,9 кг) и США (4,5 кг). В Российской Федерации, по сравнению с США и странами ЕС, среднелюдное потребление свежей земляники ниже в 2,5-3,5 раза [3].

В последнее время земляника рассматривается как «функциональная пища» в связи с профилактическими и терапевтическими медицинскими выгодами, связанными с её потреблением [4-11]. Ягоды земляники – богатый источник витаминов С, Р, фолиевой кислоты, пектиновых веществ, микроэлементов (особенно железа) и других антиоксидантов. Преимущества для здоровья, связанные с потреблением плодов земляники, основаны на их роли в профилактике воспалительных процессов, окислительного стресса и сердечно-сосудистых заболеваний, некоторых видов рака, диабета 2-го типа, ожирения и нейродегенеративных заболеваний.

Пищевая ценность ягод земляники объясняется во многом высоким содержанием фитохимических соединений, в основном представленных фенольными веществами [12-15]. Земляника занимает 9 место в рейтинге 100 богатейших источников диетических фенолов, обеспечивая 390 мг общего количества полифенолов на порцию. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, продолжающийся рост мирового потребления земляники указывает на то, что будущее производства и продаж земляники является очень перспективным [2].

Селекционные программы по землянике в настоящее время предусматривают получение новых форм с улучшенными агрономическими (урожайность, размер плодов), качественными (плотность, содержание сахаров и кислот) и сенсорными (цвет и аромат) характеристиками в сочетании с повышенной устойчивостью к болезням растений и адаптивностью. Возрос интерес к созданию сортов земляники, обладающих специфическими, связанными со здоровьем веществами. Создание богатых фитонутриентами сортов потенциально важно не только для потребителей, но и для фермеров,

специалистов-переработчиков, за счёт увеличения выручки от продажи высокоценной продукции.

Показатели качества свежей земляники, в частности химический состав и органолептические свойства, являются важной областью исследований. Ярко-красный цвет плодов земляники, связанный с накоплением антоцианов, служит одним из самых привлекательных свойств и первоначальным отличительным фактором для потребителей при оценке качества. Земляника тёмно-красного цвета более предпочтительна как на рынке свежих фруктов, так и для перерабатывающей промышленности.

В связи с важностью селекции плодовых и ягодных культур на улучшение качества и биохимического состава плодов, в частности повышенного накопления антоцианов, разработка методических аспектов отбора ценных генотипов земляники с высоким содержанием в плодах антоцианов является актуальной.

Антоцианы (от греч. *άνθος* – цветок и *κρᾶνός* – синий, лазоревый) – широко распространённые в природе водорастворимые пигменты растений, придающие цвет различным плодам, овощам, цветам [16-20]. Они принадлежат к классу флавоноидов – соединений, обычно известных как растительные полифенолы, характеризующихся основной структурой C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> (рис. 1).

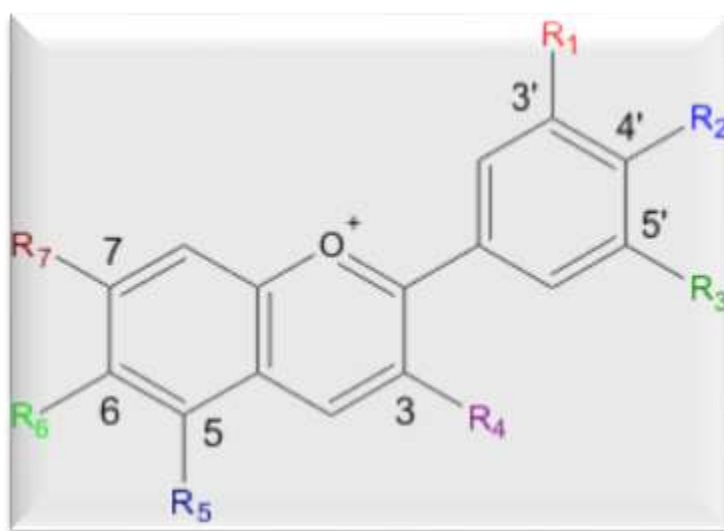


Рис. 1. Базовая структура антоцианов

Термин «антоцианы» имеет более широкий смысл, поскольку охватывает как антоцианидины (агликоны антоцианов), так и их гликозиды. К настоящему времени в природе обнаружено около 1000 антоцианов различного строения. Всё их разнообразие связано с различным числом и положением функциональных гидрокси- и метокси- групп в положениях R<sub>3</sub> и R<sub>5</sub> флавилиевой основы, среди которых выделяют шесть основных структур, составляющих приблизительно 90 % тех, которые встречаются в природе: пеларгонидин, цианидин, пеоинидин, дельфинидин, петунидин, мальвидин.

Одна из главных функций антоцианов состоит, прежде всего, в универсальной и эффективной защите растений в стрессовых ситуациях. Антоцианы, например, связаны с повышением устойчивости к охлаждению и замораживанию, загрязнению тяжёлыми металлами, засухе. Они играют важную роль в фотосинтетическом процессе. В условиях избыточной освещённости происходит выработка радикальных форм кислорода, которые могут разрушить мембраны тилакоидов, повредить ДНК и денатурировать белки, связанные с фотосинтетическим электронным транспортом.

Антоцианы во многих видах растений снижают частоту фотоингибирования, а также ускоряют восстановление фотосинтетического аппарата. При сильной освещённости антоцианы служат в качестве оптического фильтра, предохраняющего от высокоэнергетических квантов уже насыщенную фотосинтетическую электронную транспортную цепь, и повышают поглощение солнечной энергии в пределах видимой области (380-700 нм) в среднем на 8-12 % [18]. Также усилившийся интерес связан с ролью антоцианов как «транспортных средств» вторичных метаболитов.

Антоцианы представляют всё больший интерес для селекционеров и генетиков в области молекулярной биологии, так как имеют важное значение в хемосистематике растений как химические маркеры веществ, определяющих принадлежность исследуемых форм к тому или иному виду, роду и т.д. [21, 22]. Известно, что между видами плодовых культур существует зна-

чительное различие в наборе синтезируемых в плодах антоцианов, что может быть использовано при установлении наследования этих веществ в гибридном потомстве и целенаправленного получения ценных генотипов с заданными параметрами биохимического состава плодов.

Для антоцианов в настоящее время доказаны следующие виды фармакологической активности:

✓ антиоксидантная – высокая антирадикальная активность антоцианов во много раз превышает таковую других классов флавоноидов; это весьма мощные антиоксиданты, обладающие большей эффективностью, чем витамины С и Е;

✓ вазопротекторная – уменьшают ломкость и проницаемость капилляров, улучшая функцию эндотелия;

✓ противовоспалительная – способствуют стабилизации выработки коллагена, ингибируют агрегацию тромбоцитов и стимулируют выработку эндотелием простагландинов; кроме того, установлена способность антоцианов гасить воспалительные процессы в лёгких, снижая активность ферментов;

✓ противоопухолевая – антоцианы уменьшают скорость деления раковых клеток;

✓ фунгицидная и антимикробная активность – антоцианы способны ингибировать биосинтез афлатоксинов [18-20].

Комитетом экспертов ВОЗ по пищевым добавкам (JECFA) рассчитана приемлемая суточная доза антоцианов для человека в количестве 2,5 мг/кг массы тела [14]. Согласно рекомендациям российских учёных, необходимый уровень потребления антоцианов должен составлять 50-150 мг в сутки [23].

В плодах земляники антоцианы составляют 58,1-81,0% от общего содержания фенольных соединений [15]. Спектр антоцианов, обнаруженных в ягодах земляники, включает: 3-глюкозиды и 3-рутинозиды цианидина и пеларгонидина, 2 ацелированных производных пеларгонидина и цианидина

((пеларгонидин 3-(сукцинил) глюкозид и цианидин 3-(сукцинил) глюкозид)), пеларгонидин 3-(малонил) глюкозид, пеларгонидин 3-(6"-ацетил) глюкозид, а также пеларгонидин 3-диглюкозид [1].

Многими авторами показано, что наиболее распространённый антоциан в плодах земляники – пеларгонидин-3-глюкозид, содержание которого составляет от 60 до 95 % общего количества антоцианов. Второй наиболее распространённый антоциан в землянике – пеларгонидин-3-малонилглюкозид, количество которого может варьировать от 0 до 33,5 % общего их содержания [1, 13, 15]. Содержание в землянике антоцианов во многом зависит от генотипа формы. При этом максимальное их количество приходится на стадию потребительской зрелости плодов.

По содержанию антоцианов различные сорта имеют значительное варьирование – от 5 (Ананасная белая, Абрикос, Любительская) до 100 и более мг на 100г мякоти плодов (Рубиновый кулон, Белруби, Дукат, Дарроу и др.) [24]. В настоящее время продолжается селекция земляники как на получение форм с белыми плодами (сорт Анабланка (Франция)), так и форм с плодами разной интенсивности окраски (сорт Чёрный принц (Италия)) (рис. 2), связанной с различным накоплением антоцианов.



Сорт Анабланка (Франция),  
цвет плодов белый



Сорт Чёрный принц (Италия),  
цвет плодов тёмно-красный, карминный

Рис. 2. Сорта земляники, контрастные по окраске плодов

По данным исследований, проведенных во ВНИИСПК (г. Орёл), рекордсменом по содержанию антоцианов был сорт Кама – 94,4 мг/100 г, выделились также сорта Маковка, Фейерверк, Яуне – более 70,0 мг/100 г [16]. В условиях Оренбургской области высоким содержанием антоцианов (более 55,0 мг/100 г) отличались сорта Фейерверк, Гренада, Королева Елизавета II, Орлец [25]. В Дагестане наибольшее накопление антоцианов (65-81 мг/100 г) наблюдалось в плодах сортов земляники Гигантелла, Брайтон, Элан [26]. В условиях Брянской области стабильно хорошим уровнем содержания антоцианов (80,0 мг/100 г и более) по годам характеризовались сорта Соловушка, Студенческая, Фейерверк, Консервная плотная, Зенга Зенгана, Русич [27]. В Краснодарском крае наиболее богаты антоцианами сорта Пандора, Кардинал, Ламбада, Царица (94,5-109,8 мг/100 г) [28, 29]. В Эстонии варьирование содержания антоцианов в плодах земляники находилось в пределах от 27,79 (Darselect) до 60,05 мг/100 г (Senga Sengana) [30]. В Хорватии (Загреб) содержание антоцианов у изученных сортов изменялось от 170,9 (Alba) до 327,4 мг кг<sup>-1</sup> (Camarosa) [31]. По данным норвежских исследователей, сорта Marlate и Karisma имели очень низкую концентрацию антоцианов – 8,5 и 11,0 мг/100 г соответственно, а сорта Rondo и Babette – более высокую (66,0 и 64,0 мг/100 г). Другие образцы содержали антоцианы в пределах 21,0-49,0 мг/100 г, в среднем 34,0 мг/100 г [32].

Сорта земляники, выращиваемые в штатах Орегон и Калифорния (США), не отличались высоким накоплением антоцианов. Максимальное содержание антоцианов отмечено у сорта Totem (30,8±9,0 мг/100 г), минимальное – у сорта Venice (7,1±1,1 мг/100 г) [33]. Исследование канадскими учеными 10 сортов земляники показало варьирование содержания антоцианов от 16,1 (Clédeschamps) до 35,1 мг/100 г (Wendy) [34]. В Индии при исследовании 21 генотипа земляники содержание антоцианов (мг/100 г сырого веса) колебалось от 40,5 до 125,0 (различие в 3,1 раза) при среднем значении 66,2±3,3. Максимальная их концентрация обнаружена у сорта Ofra, далее следуют сорта Chandler, Seascape, Festival и Camarosa [35].



Цель исследования – на основе многолетних исследований содержания антоцианов в плодах земляники выявить закономерности их накопления и разработать методические аспекты отбора генотипов земляники с высоким содержанием антоцианов.

**Объекты и методы исследований.** Биологическими объектами исследований являлись дикорастущие виды *F. vesca* L., *F. ovalis* Rydb., *F. virginiana* Duch. ssp. *platypetala*, более 120 сортов земляники ананасной (*F.* × *ananassa* Duch.) отечественной и зарубежной селекции, более 250 межвидовых и межсортовых отборных гибридных и элитных форм, а также свыше 5000 гибридных сеянцев, полученных от внутривидовой и интрогрессивной гибридизации. Содержание антоцианов определено в лабораторных условиях по общепринятым методам биохимического исследования растений [36]. Статистическая обработка данных проводилась по стандартным методикам [37] с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2007 и программы «STATISTICA 6,0».

**Обсуждение результатов.** В настоящее время исследования суммарного содержания антоцианов в плодах земляники проводятся в лабораторных условиях с использованием дорогостоящего оборудования и ряда химических реактивов, что предопределяет значительные финансовые затраты, а также затрудняет оценку большого количества образцов за единицу времени, особенно у культур с коротким периодом созревания. Лабораторные химические анализы плодов, как правило, довольно трудоёмкие и сложные. Поэтому перспективна разработка и применение экспресс-методов.

Известно, что антоцианы определяют окраску плодов [38], поэтому возможна визуальная оценка содержания данных веществ в исследуемых образцах. При селекционной оценке сортов и гибридов земляники селекционер обычно определяет окраску плодов словами – белая, розовая, красная, тёмно-красная [39] или беловато-жёлтая, светло-оранжевая, оранжевая,

оранжево-красная, красная, тёмно-красная, красно-чёрная [40]. Однако окраска мякоти земляники имеет широкий диапазон цветовой гаммы – от бледно-розовой, практически белой, до тёмно-бордовой, почти чёрной, с плавными переходами между крайними вариантами. Поэтому исследователю при визуальной оценке сложно определить, к какому условно обозначенному фенотипическому классу отнести конкретный образец.

Визуальная оценка образца по окраске не даёт представления исследователю о количественном содержании в нём антоцианов, поэтому возникла необходимость проведения исследований по определению количественного содержания антоцианов, соответствующего той или иной степени окраски плодов. Подобные исследования по определению содержания антоцианов в плодах земляники в лабораторных условиях и одновременному сравнению изученных образцов по их окраске были проведены А.А. Зубовым и К.В. Станкевич (1979) [41]. Ими была составлена цветная шкала различной степени окраски плодов, отражающая количество антоцианов, содержащихся в 100 г мякоти плодов.

Существующая шкала состоит из 8 рисунков, не охватывающих многочисленные оттенки цветовой гаммы плодов. Нами предложен усовершенствованный вариант цветной шкалы определения антоцианов в плодах земляники, состоящий из 15 цветных фотографий образцов, более полно отражающих весь спектр изменения окраски плодов от светлого до тёмного оттенков, связанных с меньшим или большим накоплением антоцианов (рис. 3). Представленная шкала позволяет быстро и достаточно точно определить содержание антоцианов в плодах у большого количества образцов, различающихся по цвету мякоти. Её удобно использовать в полевых условиях для массовой экспресс-оценки содержания антоцианов в плодах земляники многочисленной генетической коллекции или гибридного фонда, зачастую насчитывающего более тысячи семян, за непродолжительный период созревания плодов данной культуры.

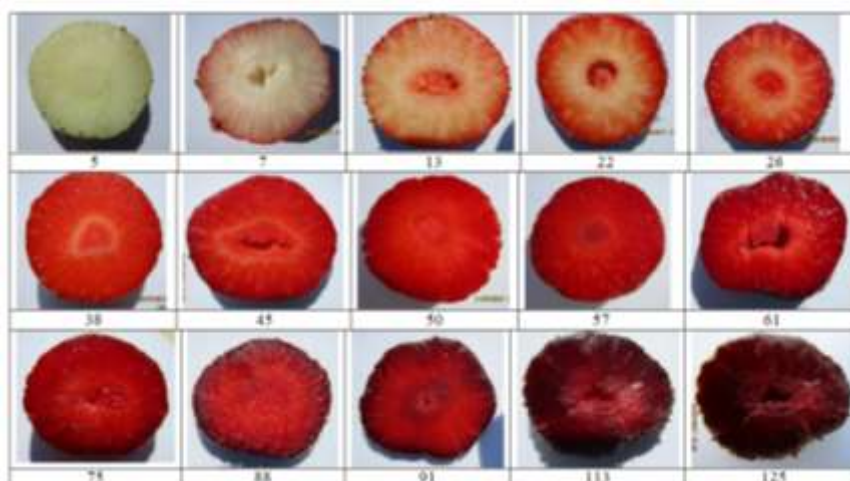


Рис. 3. Цветная шкала содержания антоцианов (мг/100 г) в плодах земляники

Экспресс-оценка сортов и форм земляники по степени накопления антоцианов проводится в полевых условиях в период потребительской зрелости плодов. Плоды необходимо отбирать целые, без видимых признаков поражения патогенами и повреждения вредителями, типичной для конкретного сорта или гибрида формы, величины, окраски. Делают поперечный разрез ягоды острым ножом во избежание неточной оценки содержания антоцианов, поскольку внешняя и внутренняя окраска плода может сильно различаться (рис. 4), и сравнивают образец с цветной шкалой, устанавливая соответствующее содержание в нём антоцианов. Для надёжного определения количества антоцианов в плодах необходимо оценить не менее трёх ягод изучаемой формы и вычислить среднее значение их содержания.



Рис. 4. Различие внешней и внутренней окраски плодов у разных генотипов земляники

а – форма, имеющая различия между поверхностной и внутренней окраской плода;  
б – форма, не имеющая различия между поверхностной и внутренней окраской плода

Для установления надёжности применения вышеуказанной полевой экспресс-оценки нами были проведены исследования содержания антоцианов в плодах земляники 457 форм, включающих дикорастущие виды (*F. vesca* L., *F. ovalis* Rydb., *F. virginiana* Duch. *ssp. platypetala*), сорта земляники ананасной (*F. × ananassa* Duch.) отечественной и зарубежной селекции, межвидовые и межсортовые отборные формы как в полевых условиях с применением усовершенствованной цветной шкалы, так и в лабораторных условиях с использованием спектрофотометра Genesys 10uv, США. Статистическая обработка экспериментальных данных выявила высокую степень корреляции ( $r = +0,82$ ) между содержанием антоцианов, определенном в полевых условиях с использованием разработанной цветной шкалы, и содержанием антоцианов в этих же образцах, определённом в лабораторных условиях методом рН- дифференциальной спектрофотометрии (табл. 1).

Таблица 1 – Корреляция между полевыми и лабораторными исследованиями содержания антоцианов в плодах земляники

Показатель	Полевая оценка содержания антоцианов (мг/100 г)	Лабораторная оценка содержания антоцианов (мг/100 г)
Полевая оценка содержания антоцианов (мг/100 г)	+1,00	
Лабораторная оценка содержания антоцианов (мг/100 г)	+0,82*	+1,00

\*Примечание:  $tr_{\text{факт}} \geq tr_{\text{теор}}$  при 5 %-ном уровне значимости

После массовой экспресс-оценки сортов или гибридных форм по содержанию антоцианов в плодах необходимо провести их ранжирование. Анализ современных исследований содержания антоцианов в плодах земляники в нашей стране и за рубежом, а также собственные многолетние исследования многочисленной и разнообразной генколлекции земляники, которая включала дикорастущие виды *F. vesca* L., *F. ovalis* Rydb.,

*F. virginiana* Duch. ssp. *platypetala*, более 120 сортов земляники ананасной (*F.* × *ananassa* Duch.) отечественной и зарубежной селекции, более 250 межвидовых и межсортовых отборных гибридных и элитных форм, а также свыше 5000 гибридных сеянцев, полученных от внутривидовой и интрогрессивной гибридизации, выявили варьирование содержания антоцианов от 4,5 [42] до 242 мг/100 г [43]. Среднее накопление антоцианов у сортов земляники по данным, полученным как за рубежом, так и в разных областях России (табл. 2), составило 50,2 мг/100 г.

Таблица 2 – Содержание антоцианов в плодах земляники в разных областях РФ и за рубежом

Страна, область, край	Среднее содержание, мг/100 г	Пределы варьирования, мин.- макс.	Источник
<i>Российская Федерация</i>			
Тамбовская обл.	52,3±2,5	10,5-107,4	[40]
Белгородская обл.	43,1±1,6	24,2-60,5	[41]
Оренбургская обл.	52,0±3,9	25,0-97,5	[42]
Орловская обл.	43,0±4,0	16,0-107,0	[43]
Ярославская обл.	92,1±4,0	53,4-147,2	[44]
Брянская обл.	69,1±3,9	40,0-85,0	[24]
Краснодарский край	71,5±3,0	50,1-100,4	[45]
Республика Дагестан	54,7±6,0	29,0-82,0	[23]
<i>Другие страны</i>			
Индия	66,2±3,3	40,5-125,0	[32]
Италия	46,1±2,8	25,8-75,4	[46]
США	53,0±1,7	33,9-74,8	[47]
Китай	25,2±8,7	4,5-47,2	[39]
Канада	57,5±5,4	19,1-104,9	[48]
Хорватия	20,1±3,2	8,2-32,7	[28]
Эстония	40,6±3,1	27,8-60,1	[27]
Бразилия	33,8±7,4	13,4-54,9	[49]
Норвегия	33,9±2,1	8,5-65,9	[29]
Среднее	50,2±4,4	4,5-147,2	-

Исходя из установленного среднего уровня накопления антоцианов, равного 50,0 мг/100 г, и принимая за единицу градации признака 20,0 мг/100 г, предложено деление генотипов земляники по содержанию антоцианов в плодах на 5 групп:

- очень низкое (30,0 мг/100 г и ниже);
- низкое (30,1-50,0 мг/100 г);
- среднее (50,1-70,0 мг/100 г);
- высокое (70,1-90,0 мг/100 г);
- очень высокое (90,1 мг/100 г и более).

В классификаторе «Кодификатор рода *Fragaria L.*» (1992) ранжирование генотипов по накоплению антоцианов в плодах земляники отсутствует [36].

По мнению ряда учёных, сорта со светлоокрашенными ягодами и, соответственно, низким уровнем накопления антоцианов (менее 50,0 мг/100 г) малоценны [44-47]. Проведённый нами анализ большого количества сортов (90) различного эколого-географического происхождения показал, что на их долю приходится значительная часть исследованных форм (54,5 %). Количество генотипов с уровнем накопления антоцианов в пределах 50,1-70,0 мг/100 г составило 32,1 %. Сорт с высоким (70,1-90,0 мг/100 г) и очень высоким (90,1 мг/100 г и более) содержанием антоцианов значительно меньше – по 6,7% соответственно (рис. 5).

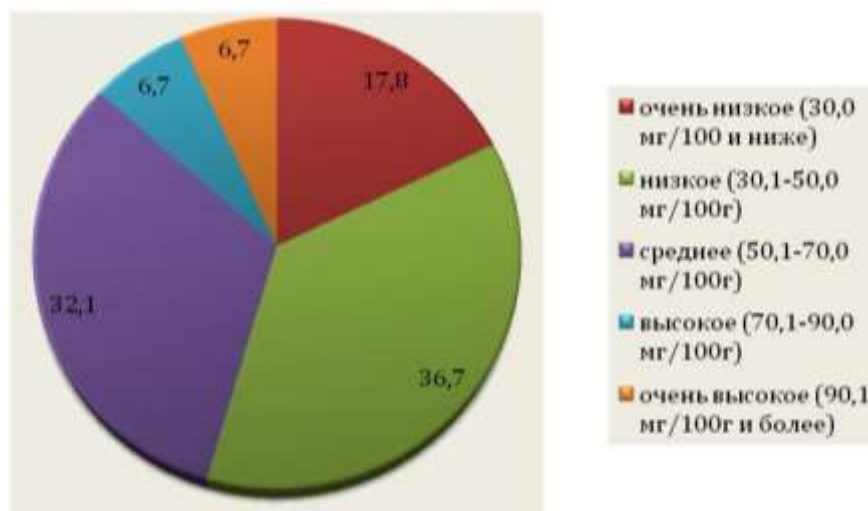


Рис. 5. Распределение сортов земляники (в %) по содержанию антоцианов в плодах

Использование усовершенствованной цветной шкалы в полевых условиях и дальнейшее ранжирование генотипов позволило не только расширить количество исследуемых объектов, но и выявить закономерности

накопления антоцианов в плодах земляники. На основе анализа разнообразного и многочисленного сортового фонда земляники установлено, что содержание антоцианов в плодах в среднем по коллекции находится на невысоком уровне и составляет 52,3 мг/100 г сырой массы, при этом размах варьирования количества антоцианов в плодах находится в широком диапазоне – 10,5-171,6 мг/100 г. Различия по накоплению антоцианов между сортами весьма велики (рис. 6).

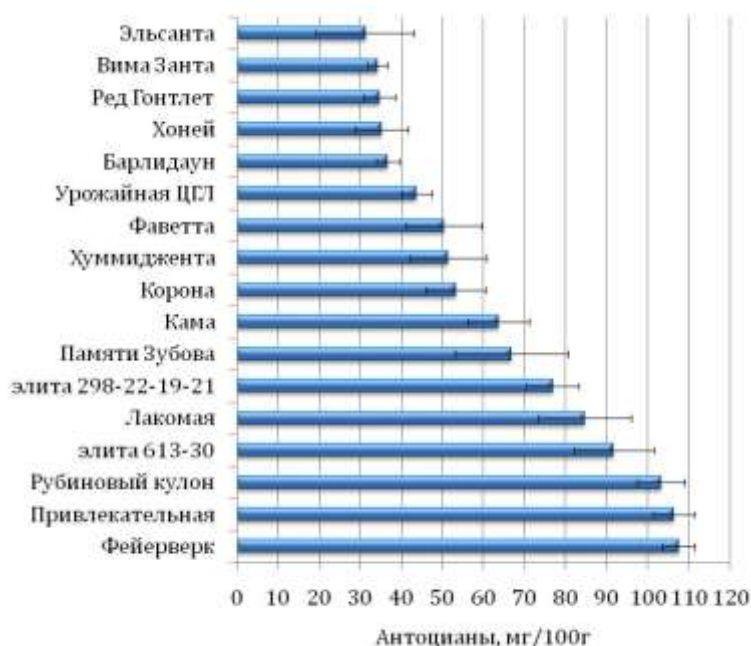


Рис. 6. Оценка ряда сортов и элитных форм земляники по накоплению в плодах антоцианов

Минимальное за годы исследований накопление антоцианов отмечено у сорта Кария (10,5 мг/100 г), максимальное – у сорта Рубиновый кулон (171,6 мг/100 г), при среднем значении по всем сортам 52,3 мг/100 г. Многие современные сорта американской (Сельва, Камароза, Хоней), голландской (Вима Рина, Вима Занта, Вима Кимберли), итальянской (Джоли, Ароза, Клэри, Галя чив) селекции характеризуются светлой окраской плодов и содержат менее 50,0 мг/100 г антоцианов. Сорт Камароза, который охватывает примерно 50 % мирового рынка земляники, по нашим данным, накапливает всего 36,0 мг/100 г антоцианов.

К богатым антоцианами сортам земляники следует отнести: Зенга Зенгана, Лакомая, Привлекательная, Рубиновый кулон, Торпеда, Фейерверк. Сорта Привлекательная, Рубиновый кулон, Фейерверк селекции ФГБНУ «ФНЦ имени И.В. Мичурина» сочетают высокое (более 100 мг/100 г по среднемноголетним данным) и стабильное накопление антоцианов в ягодах. Также высоким уровнем накопления антоцианов (83,5-93,7 мг/100 г) отличаются сорта и элитные формы земляники Памяти Зубова, Флора, 298-22-19-21, 613-30, 750-30 (табл. 3).

Таблица 3 – Сорта и элитные формы земляники – ценные источники высокого содержания антоцианов

Сорт, элитная форма	Происхождение	Содержание антоцианов, мг/100г		Коэффициент вариации V, %
		среднее, $\bar{x} \pm m$	пределы варьирования, min.-max.	
Зенга Зенгана	сеянец Марке × Зигер	73,4±14,5	48,4-110,0	39,1
Рубиновый кулон	Зенга Зенгана × Фейрфакс	103,1±5,8	79,4-171,6	21,8
Фейерверк	Зенга Зенгана × Редкоут	107,4±4,0	70,4-136,4	14,8
Лакомая	Зенга Зенгана × Редкоут	84,6±11,4	57,2-136,4	38,0
Флора	Зенга Зенгана × Редкоут	83,5±2,3	78,8-88,0	5,5
Привлекательная	Рубиновый кулон × Олбриттон	106,3±5,1	74,8-138,6	17,9
Элита 613-30	Рубиновый кулон × Лакомая	91,7±9,9	79,2-114,6	21,5
Элита 750-30	Рубиновый кулон × Скотт	90,4±9,9	74,8-123,2	24,5
Отборная форма 922-67	[516-167 × Кардинал] × Привлекательная	84,7±1,2	83,6-85,8	3,2

Анализ сортового фонда в дальнейшем позволил провести гибридизацию и получить достаточно разнообразный материал по содержанию в ягодах антоцианов. Размах варьирования по данному показателю у гибридных сеянцев земляники очень большой: от 5,3 до 242,0 мг/100 г. Несмотря на всё разнообразие гибридного потомства по содержанию антоцианов наибольшее количество сеянцев с высоким их накоплением (от 70,1 до 90,0 мг/100 г



и выше) получено в семьях, где в качестве родительских форм использовали сорта с высоким уровнем признака (Фейерверк, Привлекательная, Рубиновый кулон). Так, наибольший выход тёмноокрашенных семян с количеством антоцианов в ягодах более 70,1 мг/100 г получен в семьях: Привлекательная × 298-22-19-21 (63,2 %), Рубиновый кулон × 298-22-19-21 (58,7 %), Привлекательная × Кама (51,7 %) (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание антоцианов в плодах гибридного потомства земляники

Гибридная комбинация	Содержание антоцианов, мг/100 г		Коэффициент вариации, V, %	Выход семян (%) с содержанием антоцианов 70,1 мг/100 г и более
	среднее по комбинации (x + m)	размах варьирования (min.-max.)		
Привлекательная × 298-22-19-21	72,0±8,0	50,0-90,0	24,8	63,2
Рубиновый кулон × 298-22-19-21	65,5±5,2	10,0-140,0	44,2	58,7
Привлекательная × Кама	65,2±3,9	20,0-140,0	41,0	51,7
Фейерверк × Марышка	56,7±5,6	40,0-80,0	24,1	47,7
Рубиновый кулон × Марышка	56,7±18,6	20,0-80,0	56,7	41,3
Урожайная ЦГЛ × 298-22-19-21	54,3±4,8	6,0-120,0	45,5	41,2
Урожайная ЦГЛ × Кама	45,9±4,0	10,0-80,0	45,7	40,8
Привлекательная × Львовская ранняя	55,5±2,8	20,0-80,0	34,7	40,5
Фейерверк × 298-19-9-43	53,8±3,0	20,0-90,0	34,3	40,2
Урожайная ЦГЛ × 750-30	51,8±3,6	10,0-90,0	42,3	35,7
Урожайная ЦГЛ × Львовская ранняя	44,6±9,7	10,0-130,0	78,5	34,0

Трансгрессивные семена в указанных семьях накапливали в плодах свыше 100 мг/100 г антоцианов, что превышало их содержание у лучшей родительской формы (сорт Привлекательная). Тёмной окраской ягод и очень высоким содержанием антоцианов характеризовались отдельные семена, полученные с участием сортов Фейерверк и Рубиновый кулон: 3/2-3 (Фейерверк × Львовская ранняя) – 242,0 мг/100 г; 3/3-16 (Фейерверк × Марышка) – 176,0 мг/100 г; 3/6-15 (Рубиновый кулон × Марышка) –

165,0 мг/100 г; 3/6-72 (Рубиновый кулон × Марышка) – 178,2 мг/100 г; 1/6-2 (Рубиновый кулон × Марышка) – 112,2 мг/100 г.

Отборный сеянец 5/1-10 (922-67 × Марышка) накапливал до 163,7 мг/100г антоцианов, родительская форма которого (922-67), полученная с участием сорта Привлекательная, также характеризуется высоким их содержанием. В отдельные годы изучения отборные сеянцы 914-30, 914-33, 914-67 (Фестивальная × Привлекательная), 924-56 (206-88-7 × Фейерверк), 921-24 ((516-167 × Кардинал) × Фейерверк), 915-32, 915-36 (298-22-19-21 × Фейерверк) накапливали антоцианы в значительных количествах (104,5-167,2 мг/100 г).

Таким образом, применение усовершенствованной цветной шкалы определения антоцианов в плодах земляники и ранжирование генотипов по степени их накопления позволило повысить эффективность селекционного процесса за счёт значительного сокращения времени оценки анализируемых образцов и выделения из большого, разнообразного гибридного, сортового фонда земляники перспективных генотипов с высоким накоплением антоцианов, представляющих интерес для селекции и практического использования: сорта Рубиновый кулон – 103,1 мг/100г, Привлекательная – 106,3 мг/100 г, Фейерверк – 107,4 мг/100 г, отборные сеянцы 1/6-2 (Рубиновый кулон × Марышка) – 112,2 мг/100 г, 5/1-10 (922-67 × Марышка) – 163,7 мг/100 г, 3/6-15 (Рубиновый кулон × Марышка) – 165,0 мг/100 г, 3/3-16 (Фейерверк × Марышка) – 176,0 мг/100 г, 3/6-72 (Рубиновый кулон × Марышка) – 178,2 мг/100 г, 3/2-3 (Фейерверк × Львовская ранняя) – 242,0 мг/100 г.

В дальнейшем необходимо продолжить селекционную работу по созданию сортов с высоким накоплением антоцианов, являющихся ценными компонентами биологически активного комплекса плодов земляники. Учитывая современную тенденцию государственной политики России в обла-

сти пищевой промышленности, направленную на решение проблемы оздоровления нации за счёт обеспечения населения качественными пищевыми продуктами, насыщенными полезными фитонутриентами, необходимо включение в рацион свежих плодов земляники с высоким содержанием биологически активных веществ. Так, употребление всего 100 г плодов такого сорта, как Привлекательная, позволит обеспечить суточную потребность в витамине С на 47 %, антоцианах – на 213 %. Кроме того, наличие высокого содержания антоцианов в плодах тёмноокрашенных сортов обуславливает востребованность таких сортов не только для потребления в свежем виде, но и в качестве сырья для многих видов переработки и замораживания.

***Заключение.*** Для ускорения и эффективной оценки исходного и селекционного материала земляники по содержанию в плодах антоцианов разработаны методические аспекты отбора генотипов с высоким их накоплением, которые предусматривают экспресс-оценку большого количества генотипов земляники по содержанию в плодах антоцианов в полевых условиях на основе усовершенствованной цветной шкалы, разработанной А.А. Зубовым, К.В. Станкевич (1979).

В отличие от существующей шкалы, представленной в виде 8 цветных рисунков, предложена более подробная шкала, состоящая из 15 цветных фотографий образцов, более полно отражающих весь спектр изменения окраски плодов от светлого до тёмного оттенков, связанных с меньшим или большим накоплением антоцианов.

Надёжность данного метода подтверждается высокой степенью корреляции ( $r = +0,82$ ) между содержанием антоцианов, определенном в полевых условиях с использованием разработанной цветной шкалы у 457 форм, и содержанием антоцианов в этих же образцах, определённом в лабораторных условиях методом рН- дифференциальной спектрофотометрии. Для ранжирования анализируемых генотипов земляники по содержанию антоцианов в

плодах впервые разработана градация по степени их накопления от очень низкого (30,0 мг/100 г и ниже) до очень высокого (90,1 мг/100 г и более).

Использование предложенных методических аспектов отбора генотипов земляники с высоким содержанием антоцианов позволит повысить эффективность селекционного процесса на 10-15 % за счёт значительного сокращения времени проведения анализа образцов, а также экономии финансовых и трудовых ресурсов.

### Литература

1. Zhao, Y. Berry fruit: Value added products for health promotion. CRC Press Naylor and Francis Group, LLC, Boca Raton, FL., 2007. – 430 p.
2. FAO URL: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E> (дата обращения: 16.08.2018).
3. FruitNews [Электронный ресурс]. URL: <https://fruitnews.ru/analytics/49610-indexbox-mirovoj-rynok-zemlyaniki-v-stoimostnom-vyrazhenii-dostig-15-9-mlrd.html> (дата обращения: 21.02. 2019).
4. 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. – V. 28. – P. 9-19. DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.009
5. Fredericks, C.H., Fanning, K.J., Gidley, M.J., Netzel, G., Zabaras, D., Herrington, M., Netzel, M. High-anthocyanin strawberries through cultivar selection // J. Sci. Food Agric., 2013. – V. 93. – P. 846-852. DOI: 10.1002/jsfa.5806
6. Capocasa, F., Diamanti, J., Tulipani, S., Battino, M., Mezzetti, B. Breeding strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) to increase fruit nutritional quality // Bio Factors, 2008. – V. 34(1). – P. 67-72.
7. Diamanti, J., Mazzoni, L., Balducci, F., Cappelletti, R., Capocasa, F., Battino, M., et al. Use of wild genotypes in breeding program increases strawberry fruit sensorial and nutritional quality // J. Agric. Food Chem., 2014. – V. 62(18). – P. 3944-3953. DOI: 10.1021/jf500708x
8. Padula, M., Lepore, L., Milella, L., Ovesna, J., Malafronte, N., Martelli, G., de Tommasi, N. Cultivar based selection and genetic analysis of strawberry fruits with high levels of health promoting compounds // Food Chemistry, 2013. – V. 140(4). – P. 639-646. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.025
9. Wang, S.Y., Lewers, K.S. Antioxidant capacity and flavonoid content in wild strawberries // Journal of the American Society for Horticultural Science, 2007. – V. 132(5). – P. 629-637. DOI: 10.21273/JASHS.132.5.629
10. Yu, C., Ranieri, M., Lv, D., Zhang, M., Charles, M.T., Tsao, R. et al. Phenolic composition and antioxidant capacity of newly developed strawberry lines from British Columbia and Quebec // International journal of food properties, 2011. – V. 14(1). – P. 59-67. DOI: 10.1080/10942910903131415
11. 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. – V. 50(9). – P. 2581-2586. DOI: 10.1021/jf011421i

12. Скорикова Ю.Г. Полифенолы плодов и ягод и формирование цвета продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1973. 231 с.
13. Упадышев М.Т. Роль фенольных соединений в процессах жизнедеятельности садовых растений. М.: Изд. Дом МСП, 2008. 320 с.
14. Kylli, P. Berry phenolics: isolation, analysis, identification, and antioxidant properties: Academic dissertation, University of Helsinki Department of Food and Environmental Sciences Food Chemistry. – Helsinki, 2011. – 90 p.
15. Заморська, І.Л., Заморська, В.В. Фенольні речовини в ягодах суниці // Збірник наукових праць Уманського НУС. Умань, 2013, Вип. 82. – Ч.1: Агроніомія. – С. 18-23.
16. Шокаева, Д.Б., Макаркина, М.А., Соколова, С.Е. Оценка биохимического состава ягод некоторых сортов земляники и особенности их использования // Тез. докл. и выступл. междунар. науч.-метод. конф. Орел, 2000. С. 260-262.
17. Raghvendra, S.V., Shakya, A., Hedaytullah, M.D., Arya, G.S., Mishra, A., Gupta, A.D. et al. Chemical and potential aspects of anthocyanins – a water-soluble vacuolar flavonoid pigments: a review // International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research., 2011. – V. 6(1). – P. 28-33.
18. Макаревич А.М. Функции и свойства антоцианов растительного сырья // Труды Белорусского государственного университета. Серия «Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем»: научный журнал, 2009. Т.4, ч.2. С. 147-157.
19. Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., Sochor, J. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries // Int. J. Mol. Sci., 2015. – 16(10). – P. 24673-24706. DOI: 10.3390/ijms161024673
20. Miguel M.G. Anthocyanins: Antioxidant and/or anti-inflammatory activities // Journal of Applied Pharmaceutical Science, 2011. – V. 1(6). – P. 7-15.
21. Сорокопудова О.А., Дейнека В.И., Сорокопудов В.Н. Хемосистематика: основные положения и особенности // Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки, 2006. № 3, вып. 4. С. 75-83.
22. Определение антоцианов плодов некоторых видов калины методом ВЭЖХ / В.И. Дейнека [и др.] // Сорбционные и хроматографические процессы, 2014. Т. 14., вып. 3. С. 434-442.
23. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: Методические рекомендации. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 28 с.
24. Зубов А.А. Теоретические основы селекции земляники. Мичуринск: ВНИИГиСПР, 2004. 196 с.
25. Галиулина А.А. Эколого-биологические особенности выращивания сортов *Fragaria x ananassa* Duch. в условиях лесного Предуралья : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.01 / Галиулина Алия Ахметовна. Оренбург, 2011. 23 с.
26. Загиров Н.Г., Казбеков Б.И., Казбеков А.Б. Оценка товарных и технологических показателей качества плодов у различных сортов земляники в сухих субтропиках южного Дагестана // Научные пути модернизации садоводства России: Тр. ВНИИС им. И.В. Мичурина. Воронеж: Кварта, 2011. С. 135-138.
27. Айтжанова С.Д., Андропова Н.В., Никулин А.Ф. Оценка исходных форм земляники садовой по биохимическим и товарным показателям ягод // Вестник Брянской государственной академии. 2013. № 1. С. 18-20.
28. Причко Т.Г., Чалая Л.Д., Яковенко В.В. Сортоизучение ягод земляники садовой юга России // Садоводство и виноградарство, 2005. № 1. С. 14-16.

29. Причко Т.Г., Чалая Л.Д. Оценка качества плодово-ягодного сырья для создания новых видов функциональных продуктов питания // Разработки, формирующие современный облик садоводства. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2011. С. 298-314.
30. Tonutare, T., Moor, U., Szajdak, L. Strawberry anthocyanin determination by pH differential spectroscopic method – how to get true results? // Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus, 2014. – V. 13(3). – P. 35-47.
31. Voca, S., Dobričević, N., Dragović-Uzelac, V., Duralija, B., Družić, J., Čmelik, Z., Skendrović Babojević, M. Fruit Quality of New Early Ripening Strawberry Cultivars in Croatia // Food Technol. Biotechnol., 2008. – V. 46(3). – P. 292-298.
32. Aaby, K., Mazur, S., Nes, A., Skrede, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: composition in 27 cultivars and changes during ripening // Food Chem., 2012. – V. 132(1). – P. 86-97. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.10.037
33. Qian, M., Finn, C., Schroeder, J.M. Objective Flavor Comparison of Oregon Strawberries and those from other climatic condition // Progress report FY 2004-2005, Oregon Strawberry Commission, 2005 – 7 p.
34. Debnath, S., Ricard, E. ISSR, anthocyanin content and antioxidant activity analyses to characterize strawberry genotypes // Journal of Applied Horticulture, 2009. – V. 11(2). – P. 83-89.
35. Singh, A., Singh, B.K., Deka, B.C., Sanwal, S.K., Patel, R.K., Verma, M.R. The genetic variability, inheritance and inter-relationships of ascorbic acid, carotene, phenol and anthocyanin content in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) // Scientia Horticulturae, 2011. – V. 129(1). – P. 86-90. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.03.011
36. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. 430 с.
37. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
38. Mazza, G.J. Anthocyanins and heart health // Ann Ist Super Sanita, 2007. – V. 43(4). – P. 369-374.
39. Классификатор (Кодификатор, Descriptor list) Рода *Fragaria* L. – Земляника. Сост.: Е.В. Мажоров, В.А. Корнейчук. Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства имени Н.И. Вавилова: С.-Пб., 1992. 26 с.
40. Госсорткомиссия, URL: <https://gossort.com/wp-content/uploads/2019/08/Zemlyanika-M-R0022.doc>).
41. Зубов, А.А., Станкевич, К.В. Шкала для определения антоцианов в землянике // Садоводство. 1979. № 10. С. 33.
42. Cao, X., Wang, Y., Liao, X., Hu, X. Characterization of physico-chemical and biochemical compositions of selected four strawberry cultivars // Journal of Applied Botany and Food Quality, 2018. – V. 91. – P. 155-162. DOI: 10.5073/JABFQ.2018.091.021
43. Лукъянчук И.В., Жбанова Е.В. Оценка генетической коллекции земляники по содержанию в плодах антоцианов // Вестник Томского ГУ. Серия Биология : науч. журнал, 2017. № 38. С. 134-148. DOI: 10.17223/19988591/38/8
44. Волощенко С.С., Сорокопудов В.Н., Иванова Ю.Ю., Сорокопудова О.А. Особенности химического состава ягод земляники в условиях Белгородской области // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6. С. 271.
45. Авдеева, З.А. Биологические особенности культиваров *Fragaria* L. в условиях Оренбургского приуралья : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Авдеева Зинаида Алексеевна. Оренбург, 2007. 22 с.
46. Макаркина М.А., Павел А.Р. Биологически активные вещества в ягодах земляники, выращенной в условиях Орловской области // Современное садоводство – Contemporary horticulture, 2017. № 2(22). С. 10-16.

47. Хапова С.А. Научное обоснование технологии культивирования земляники в Северо-Западном регионе РФ : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.08 / Хапова Светлана Александровна. Москва, 2016. 406 с.

48. Гореликова О.А. Совершенствование сортимента садовой земляники для интенсивных технологий возделывания в Краснодарском крае : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Гореликова Ольга Александровна. Краснодар, 2017. 22 с.

### References

1. Zhao, Y. Berry fruit: Value added products for health promotion. CRC Press Naylor and Francis Group, LLC, Boca Raton, FL., 2007. – 430 p.

2. FAO URL: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E> (data obrashcheniya: 16.08.2018).

3. FruitNews [Elektronnyj resurs]. URL: <https://fruitnews.ru/analytics/49610-indexbox-mirovoj-rynok-zemlyaniki-v-stoimostnom-vyrazhenii-dostig-15-9-mlrd.html> (data obrashcheniya: 21.02. 2019).

4. 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. – V. 28. – P. 9-19. DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.009

5. Fredericks, C.H., Fanning, K.J., Gidley, M.J., Netzel, G., Zabaras, D., Herrington, M., Netzel, M. High-anthocyanin strawberries through culti-var selection // J. Sci. Food Agric., 2013. – V. 93. – P. 846-852. DOI: 10.1002/jsfa.5806

6. Capocasa, F., Diamanti, J., Tulipani, S., Battino, M., Mezzetti, B. Breeding strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) to increase fruit nutritional quality // Bio Factors, 2008. – V. 34(1). – P. 67-72.

7. Diamanti, J., Mazzoni, L., Balducci, F., Cappelletti, R., Capocasa, F., Battino, M., et al. Use of wild genotypes in breeding program increases strawberry fruit sensorial and nutritional quality // J. Agric. Food Chem., 2014. – V. 62(18). – P. 3944-3953. DOI: 10.1021/jf500708x

8. Padula, M., Lepore, L., Milella, L., Ovesna, J., Malafrente, N., Martelli, G., de Tommasi, N. Cultivar based selection and genetic analysis of strawberry fruits with high levels of health promoting compounds // Food Chemistry, 2013. – V. 140(4). – P. 639-646. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.025

9. Wang, S.Y., Lewers, K.S. Antioxidant capacity and flavonoid content in wild strawberries // Journal of the American Society for Horticultural Science, 2007. – V. 132(5). – P. 629-637. DOI: 10.21273/JASHS.132.5.629

10. Yu, C., Ranieri, M., Lv, D., Zhang, M., Charles, M.T., Tsao, R. et al. Phenolic composition and antioxidant capacity of newly developed strawberry lines from British Columbia and Quebec // International journal of food properties, 2011. – V. 14(1). – P. 59-67. DOI: 10.1080/10942910903131415

11. 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. – V. 50(9). – P. 2581-2586. DOI: 10.1021/jf011421i

12. Skorikova Yu.G. Polifenoly plodov i yagod i formirovanie cveta produktov. M.: Pishchevaya promyshlennost', 1973. 231 s.

13. Upadyshev M.T. Rol' fenol'nyh soedinenij v processah zhiznedeyatel'nosti sadovyh rastenij. M.: Izd. Dom MSP, 2008. 320 s.

14. Kylli, P. Berry phenolics: isolation, analysis, identification, and antioxidant properties: Academic dissertation, University of Helsinki Department of Food and Environmental Sciences Food Chemistry. – Helsinki, 2011. – 90 r.

15. Zamor'ska, I.L., Zamor'ska, V.V. Fenol'ni rehovini v yagodah sunici // Zbirnik naukovih prac' Uman'skogo NUS. Uman', 2013, Vip. 82. – Ch.1: Agronomiya. – S. 18-23.
16. Shokaeva, D.B., Makarkina, M.A., Sokolova, S.E. Ocenka biohimicheskogo sostava yagod nekotoryh sortov zemlyaniki i osobennosti ih ispol'zovaniya // Tez. dokl. i vystupl. mezhdunar. nauch.-metod. konf. Orel, 2000. S. 260-262.
17. Raghvendra, S.V., Shakya, A., Hedaytullah, M.D., Arya, G.S., Mishra, A., Gupta, A.D. et al. Chemical and potential aspects of anthocyanins – a water-soluble vacuolar flavonoid pigments: a review // International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research., 2011. – V. 6(1). – R. 28-33.
18. Makarevich A.M. Funkcii i svojstva antocianov rastitel'nogo syr'ya // Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Fiziologicheskie, biohimicheskie i molekulyarnye osnovy funkcionirovaniya biosistem»: nauchnyj zhurnal, 2009. T.4, ch.2. S. 147-157.
19. Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., Sochor, J. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries // Int. J. Mol. Sci., 2015. – 16(10). – P. 24673-24706. DOI: 10.3390/ijms161024673
20. Miguel M.G. Anthocyanins: Antioxidant and/or anti-inflammatory activities // Journal of Applied Pharmaceutical Science, 2011. – V. 1(6). – P. 7-15.
21. Sorokopudova O.A., Dejneka V.I., Sorokopudov V.N. Hemosistematika: osnovnye polozeniya i osobennosti // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Estestvennye nauki, 2006. № 3, vyp. 4. S. 75-83.
22. Opredelenie antocianov plodov nekotoryh vidov kaliny metodom VEZhH / V.I. Dejneka [i dr.] // Sorbcionnye i hromatograficheskie processy, 2014. T. 14., vyp. 3. S. 434-442.
23. Rekomenduemye urovni potrebleniya pishchevyh i biologicheski aktivnyh veshchestv: Metodicheskie rekomendacii. M.: Federal'nyj centr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. 28 s.
24. Zubov A.A. Teoreticheskie osnovy selekcii zemlyaniki. Michurinsk: VNIIGiSPR, 2004. 196 s.
25. Galiulina A.A. Ekologo-biologicheskie osobennosti vyrashchivaniya sortov Fragaria x ananassa Duch. v usloviyah lesnogo Predural'ya : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.02.01 / Galiulina Aliya Ahme-tovna. Orenburg, 2011. 23 s.
26. Zagirov N.G., Kazbekov B.I., Kazbekov A.B. Ocenka tovarnyh i tekhnologicheskikh pokazatelej kachestva plodov u razlichnyh sortov zemlyaniki v suhih subtropikah yuzhnogo Dagestana // Nauchnye puti modernizacii sadovodstva Rossii: Tr. VNIIS im. I.V. Michurina. Voronezh: Kvarta, 2011. S. 135-138.
27. Ajtzhanova S.D., Andronova N.V., Nikulin A.F. Ocenka ishodnyh form zemlyaniki sadovoj po biohimicheskim i tovarnym pokazatelyam yagod // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj akademii. 2013. № 1. S. 18-20.
28. Prichko T.G., Chalaya L.D., Yakovenko V.V. Sortoizuchenie yagod zemlyaniki sadovoj yuga Rossii // Sadovodstvo i vinogradarstvo, 2005. № 1. S. 14-16.
29. Prichko T.G., Chalaya L.D. Ocenka kachestva plodovo-yagodnogo syr'ya dlya sozdaniya novyh vidov funkcional'nyh produktov pitaniya // Razrabotki, formiruyushchie sovremennyj oblik sadovodstva. Krasnodar: GNU SKZNIISiV, 2011. S. 298-314.
30. Tonutare, T., Moor, U., Szajdak, L. Strawberry anthocyanin determination by pH differential spectroscopic method – how to get true results? // Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus, 2014. – V. 13(3). – P. 35-47.
31. Voca, S., Dobričević, N., Dragović-Uzelac, V., Duralija, B., Družić, J., Čmelik, Z., Skendrović Babojelić, M. Fruit Quality of New Early Ripening Strawberry Cultivars in Croatia // Food Technol. Biotechnol., 2008. – V. 46(3). – P. 292-298.



32. Aaby, K., Mazur, S., Nes, A., Skrede, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: composition in 27 cultivars and changes during ripening // Food Chem., 2012. – V. 132(1). – P. 86-97. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.10.037
33. Qian, M., Finn, C., Schroeder, J.M. Objective Flavor Comparison of Oregon Strawberries and those from other climatic condition // Progress report FY 2004-2005, Oregon Strawberry Commission, 2005 – 7 r.
34. Debnath, S., Ricard, E. ISSR, anthocyanin content and antioxidant activity analyses to characterize strawberry genotypes // Journal of Applied Horticulture, 2009. – V. 11(2). – P. 83-89.
35. Singh, A., Singh, B.K., Deka, B.C., Sanwal, S.K., Patel, R.K., Verma, M.R. The genetic variability, inheritance and interrelationships of ascorbic acid, carotene, phenol and anthocyanin content in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) // Scientia Horticulturae, 2011. – V. 129(1). – P. 86-90. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.03.011
36. Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij / Pod red. A.I. Ermakova. L.: Agropromizdat. Leningr. otd-nie, 1987. 430 s.
37. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
38. Mazza, G.J. Anthocyanins and heart health // Ann Ist Super Sanita, 2007. – V. 43(4). – P. 369-374.
39. Klassifikator (Kodifikator, Descriptor list) Roda *Fragaria* L. – Zemlyanika. Sost.: E.V. Mazhorov, V.A. Kornejchuk. Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut rastenievodstva imeni N.I. Vavilova: S.-Pb., 1992. 26 s.
40. Gossortkomissiya, URL: <https://gossort.com/wp-content/uploads/2019/08/Zemlyanika-M-R0022.doc>.
41. Zubov, A.A., Stankevich, K.V. Shkala dlya opredeleniya antocianov v zemlyanike // Sadovodstvo. 1979. № 10. S. 33.
42. Cao, X. Wang, Y., Liao, X., Hu, X. Characterization of physico-chemical and biochemical compositions of selected four strawberry cultivars // Journal of Applied Botany and Food Quality, 2018. – V. 91. – P. 155-162. DOI: 10.5073/JABFQ.2018.091.021
43. Luk"yanchuk I.V., Zhanova E.V. Ocenka geneticheskoy kollekcii zemlyaniki po sodержaniyu v plodah antocianov // Vestnik Tomskogo GU. Seriya Biologiya : nauch. zhurnal, 2017. № 38. S. 134-148. DOI: 10.17223/19988591/38/8
44. Voloshchenko S.S., Sorokopudov V.N., Ivanova Yu.Yu., Sorokopudova O.A. Osobennosti himicheskogo sostava yagod zemlyaniki v usloviyah Belgorodskoj oblasti // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2011. № 6. S. 271.
45. Avdeeva, Z.A. Biologicheskie osobennosti kul'tivarov *Fragaria* L. v usloviyah Orenburgskogo priural'ya : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.00.05 / Avdeeva Zinaida Alekseevna. Orenburg, 2007. 22 s.
46. Makarkina M.A., Pavel A.R. Biologicheski aktivnye veshchestva v yagodah zemlyaniki, vyrashchennoj v usloviyah Orlovskoj oblasti // Sovremennoe sadovodstvo – Contemporary horticulture, 2017. № 2(22). S. 10-16.
47. Hapova S.A. Nauchnoe obosnovanie tekhnologii kul'tivirovaniya zemlyaniki v Severo-Zapadnom regione RF : dis. ... d-ra s.-h. nauk : 06.01.08 / Hapova Svetlana Aleksandrovna. Moskva. 2016. 406 s.
48. Gorelikova O.A. Sovershenstvovanie sortimenta sadovoj zemlyaniki dlya intensivnyh tekhnologij vozdel'yvaniya v Krasnodarskom krae : avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk : 06.01.05 / Gorelikova Ol'ga Aleksandrovna. Krasnodar. 2017. 22 s.