УДК 634.75: 631.524.01

DOI 10.30679/2219-5335-2019-2-56-51-61

ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ ПО ПРИЗНАКАМ КАЧЕСТВА ЯГОД

Лапшин Вадим Игоревич канд. биол. наук научный сотрудник лаборатории сортоизучения и селекции садовых культур e-mail: lavai@list.ru

Яковенко Валентина Владимировна канд. с.-х. наук ст. научный сотрудник лаборатории сортоизучения и селекции садовых культур e-mail: vakovenko_valent@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Краснодар, Россия

Для успешной селекционной работы по культуре земляники садовой (Fragaria × ananassa Duch.) в направлении улучшения качества ягод особую важность имеет знание генетических особенностей изменчивости изучаемых признаков у родительских сортов и их гибридного потомства. Традиционным критерием количественной оценки генетического потенциала сортов является коэффициент наследуемости в широком H² и узком h² смыслах. Целью наших исследований является оценка вкладов аддитивных и неаддитивных генетических взаимодействий для выявления перспективных родительских форм и гибридных комбинаций земляники по признакам качества ягод. В статье представлены результаты Оценки 8 сортов и 18 гибридных номеров земляники по признакам качества ягод,

UDC 634.75: 631.524.01

DOI 10.30679/2219-5335-2019-2-56-51-61

ESTIMATION OF GENETIC POTENTIAL OF STRAWBERRY **VARIETIES ON BERRY QUALITY CHARACTERISTICS**

Lapshin Vadim Igorevich Cand. Biol. Sci. Research Associate of Laboratory of Variety study and Breeding of Garden crops e-mail: lavai@list.ru

Yakovenko Valentina Vladimirovna Cand. Agr. Sci. Senior Research Associate of Laboratory of Variety study and Breeding of Garden crops e-mail: yakovenko_valent@mail.ru

Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making», Krasnodar, Russia

For successful breeding work on the strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) to improve fruit quality is particular importance to know the genetic features of signs variability of parental varieties studied and their hybrid prosperity. The traditional criterion for the quantitative evaluation of the varieties genetic potential is the heritability coefficient in a wide H² and narrow h² mention. The purpose of our research is to assess the contributions of additive and non-additive genetic interactions to identify the promising parental forms and hybrid strawberry combinations on the signs of fruit quality. The paper presents the results of the evaluation of strawberry 8 varieties and 18 hybrid numbers on the signs of fruit quality, including the average fruit weight, firmness

включающим среднюю массу ягоды, плотность мякоти ягоды и содержание сахаров, для отбора перспективных форм по изученным характеристикам. В работе использовалась общепринятая в России программа и методика. Проведённые исследования показали, что для изученных сортов земляники в большей части гибридных отборов с их участием в реализации признаков «средняя масса ягод, плотность мякоти ягод и содержание сахаров (Brix%) в ягодах» преобладают неаддитивные эффекты генетических взаимодействий, свидетельствующие в пользу эффективности селекционного отбора в отдельных комбинациях скрещиваний. Существенный аддитивный эффект генов, определяющий возможность донорского потенциала, отмечен по средней массе ягод для сорта Флоренс, по содержанию сахаров – для сортов Онда, Нелли и Мармолада. Модифицирующее влияние экологических условий среды выращивания на плотность ягод земляники отчётливо выражено у гибридных отборов с участием сортов Онда и Моллинг Пандора, на содержание сахаров - с участием Белруби.

Ключевые слова: ЗЕМЛЯНИКА, СОРТА, КОЭФФИЦИЕНТ НАСЛЕДУЕМОСТИ, ПРИЗНАКИ КАЧЕСТВА ЯГОД, АДДИТИВНЫЙ И НЕАДДИТИВНЫЙ ЭФФЕКТЫ ГЕНОВ

of fruit and sugar content for the selection of promising forms taking into account the studied characteristics. The program and the methodic generally accepted in Russia was using in the work. Research have shown that for the studied strawberry varieties in the most hybrid selections with their participation in implementation of traits as «an average fruit weight, fruit firmness and sugar content (Brix %)» predominates the non-additive effects of genetic interactions, which show the effectiveness of selection in some cross combinations. A significant additive effect of genes determined the possibility of donor potential, is noted on «the average fruit weight» n the Florence variety, and on «the sugar content» in the Onda, Nelli and Marmolada varieties. The modifying influence of the ecological conditions of growing environment on «the fruit firmness» of strawberry is clearly expressed in hybrid selections with the participation of the Onda and Molling Pandora varieties, and on «the sugar content» with the participation of Belrubi variety.

Key words: STRAWBERRY, VARIETIES, COEFFICIENT OF HERITABILITY, TRAITS OF FRUIT QUALITY, ADDITIVE AND NON-ADDITIVE EFFECTS OF GENES

Введение. Практические результаты селекционного процесса по отбору перспективных гибридных форм и созданию новых сортов земляники, востребованных в условиях современного рынка, в значительной степени определяются знанием особенностей наследования отдельных хозяйственно ценных признаков, контролируемых различными эффектами генетических взаимодействий [1]. По мнению М.К. Gecer и др. [2], изучение особенностей наследования хозяйственно ценных признаков земляники садовой определяет направленность селекционно-генетической работы по данной культуре,

с учетом системы генотипа гибридных популяций и их родительских форм, реализующейся в разнообразных условиях выращивания.

Ключевым критерием селекционного процесса, направленного на получение новых сортов, отличающихся высокими значениями производственных и рыночных показателей, является количественная оценка вкладов изучаемых генотипов в реализацию признаков качества ягод [3-6]. Изучение наследования количественных хозяйственных и биологических признаков, характеризующихся непрерывной изменчивостью, проводимое еще с прошлого века [7-12], актуально и сейчас. Это связано с неодинаковой реакцией новых генотипов на изменяющиеся экологические условия выращивания культуры [13-15]. Проявление количественных признаков определяется сложными взаимодействиями многих генов. Реализация динамики большинства признаков в гибридном потомстве обусловливает необходимость статистического анализа их изменчивости.

Традиционными генетико-статистическими параметрами оценки наследственно обусловленной зависимости родительских форм и их потомства являются коэффициенты наследуемости в широком H² и узком h² смыслах [16-17]. Общий вклад генотипа в фенотипическое разнообразие популяции по изучаемому признаку характеризуется коэффициентом наследуемости в широком смысле H². Вклад аддитивного эффекта, определяемого суммарным действием генов, отвечающих за какой-либо изучаемый признак в одном направлении, характеризует коэффициент наследуемости в узком смысле h². Данный показатель позволяет количественно оценить наследственную взаимосвязь признака у родителей и потомков в конкретных условиях среды выращивания [5, 18-19].

Целью наших исследований является оценка вкладов аддитивных и неаддитивных генетических взаимодействий для выявления перспективных родительских форм и гибридных комбинаций земляники по признакам качества ягод.

Вычисление коэффициентов наследуемости в широком и узком смыслах строится на математических процедурах расчета сопряженности варьирования числовых рядов значений изучаемых количественных признаков у родительских форм и гибридного потомства [16, 20]. Изменчивость родительских и гибридных форм, обусловленная различиями на уровне генотипов, соответствует коэффициенту регрессии между значениями изучаемого признака у родителей и их потомства по формуле вида $h^2 = b_{P\Pi}$, где $b_{P\Pi}$ — коэффициент линейной регрессии между значениями признака родителей и потомков, отражающий вклад аддитивного эффекта генов в общую фенотипическую изменчивость.

Объекты и методы исследований. С целью выявления закономерностей, обусловливающих различия во вкладах аддитивного и неаддитивного генетических эффектов в реализацию признаков качества ягод (средняя масса ягод, плотность мякоти ягоды и содержание сахаров), было проведено изучение 8 сортов земляники — Белруби, Флоренс, Онда, Елизавета II, Нелли, Моллинг Пандора, Мармолада, Хоней и 18 гибридных отборов — 13-1-15 Флоренс × Белруби, 11-1-15 Белруби × Флоренс, 4-2-15 Нелли × Флоренс, 4-5-15 Нелли × Флоренс, 4-12-15 Нелли × Флоренс, 2-24-12 Белруби × F_1 С-141, 3-27-12 Белруби × F_1 С-141, 8-25-12 Белруби × F_1 С-141, Гибрид №1 Белруби × F_1 С-141, 8-24-12 Белруби × F_1 С-141, 10-1-15 Белруби × Нелли, 1-1-08 Сельва × Белруби, 20-1-15 Онда × Елизавета II, 5-5-08 Моллинг Пандора × Мармолада, 2-14-08 Моллинг Пандора × Мармолада, 1-1-08 Сельва × Мармолада, 2-10-06 Фейерверк × Хоней, 18-1-15 Белруби × Онда.

Работа проводилась согласно общепринятой в России методике и ряду специализированных пособий [16, 20-21]. Анализ наследования изученных признаков у родительских форм и гибридного потомства проводился при помощи метода линейной регрессии, коэффициенты которой соответствовали вкладам аддитивного и неаддитивного эффектов генов в соответствии с наследуемостью в узком смысле h^2 .

Целесообразность применения регрессионного анализа для установления закономерностей наследования изученных признаков обусловлена возможностью снятия расчетных ограничений, связанных с влиянием неизвестных факторов среды выращивания, возможными неодинаковыми реакциями на изменения экологических условий у родителей и потомков, а также неравнозначными объёмами изучаемых выборок [20].

Обсуждение результатов. Для оценки вкладов аддитивных и неаддитивных генетических взаимодействий нами было изучено 8 сортов земляники по признакам, определяющим качество ягод. Значения коэффициентов наследуемости h^2 по средней массе ягод, полученные методом расчёта регрессионной зависимости влияния сортов земляники на их гибридное потомство, приводятся в табл. 1.

Высокий донорский потенциал, обусловленный аддитивным эффектом межгенных взаимодействий, выявлен при наследовании средней массы ягоды для сорта Флоренс во всех 5 гибридных отборах с его участием. Аддитивные эффекты по крупноплодности отмечены также в ряде гибридных отборов с участием сортов Белруби и Мармолада (8-25-12 Белруби × F_1 C-141, 8-24-12 Белруби × F_1 C-141, 1-1-08 Сельва × Белруби, 11-1-15 Белруби × Флоренс, 1-1-08 Сельва × Мармолада). У большинства гибридных отборов с участием этих сортов наблюдается неаддитивный генетический эффект.

Помимо сортов Белруби и Мармолада эффективность селекционного отбора по крупноплодности в отдельных комбинациях скрещивания, обусловленная преобладанием неаддитивных генетических взаимодействий, проявляющихся в зависимости от особенностей генотипа и влияния условий среды выращивания, отмечена у сортов земляники Онда, Елизавета II, Нелли, Моллинг Пандора и Хоней.

Таблица 1 — Значения коэффициентов наследуемости в узком смысле h^2 по средней массе ягод

| Родительский сорт | Гибридный отбор | h ² | Эффект генов |
|-------------------|--|----------------|-----------------|
| | 13-1-15 Флоренс × Белруби | 0,84 | A |
| Флоренс | 11-1-15 Белруби × Флоренс | 0,73 | A |
| | 4-2-15 Нелли × Флоренс | 0,82 | A |
| | 4-5-15 Нелли × Флоренс | 0,82 | A |
| | 4-12-15 Нелли × Флоренс | 0,78 | A |
| | 2-24-12 Белруби × F ₁ C-141 | 0,27 | Н |
| | 3-27-12 Белруби × F ₁ C-141 | 0,08 | Н |
| | 8-25-12 Белруби × F ₁ C-141 | 0,80 | A |
| | Гибрид №1 Белруби × F ₁ C-141 | 0,04 | Н |
| | 8-24-12 Белруби × F ₁ C-141 | 0,71 | A |
| | 10-1-15 Белруби × Нелли | 0,30 | Н |
| Белруби | 13-1-15 Флоренс × Белруби | 0,46 | Н |
| | 1-1-08 Сельва × Белруби | 0,63 | A |
| | 11-1-15 Белруби × Флоренс | 0,72 | A |
| Онда | 20-1-15 Онда × Елизавета II | 0,17 | Н |
| Елизавета II | 20-1-15 Онда × Елизавета II | 0,09 | Н |
| | 10-1-15 Белруби × Нелли | 0,38 | Н |
| | 4-2-15 Нелли × Флоренс | 0,48 | Н |
| Нелли | 4-5-15 Нелли × Флоренс | 0,44 | Н |
| | 4-12-15 Нелли × Флоренс | 0,31 | Н |
| Моллинг Пандора | 5-5-08 Моллинг Пандора × Мармолада | 0,31 | Н |
| туюллинг ттандора | 2-14-08 Моллинг Пандора × Мармолада | 0,38 | Н |
| | 5-5-08 Моллинг Пандора × Мармолада | 0,14 | Н |
| Мармолада | 2-14-08 Моллинг Пандора × Мармолада | 0,14 | Н |
| | 1-1-08 Сельва × Мармолада | 0,80 | A |
| Хоней | 2-10-06 Фейерверк × Хоней | 0,43 | Н |

Примечание: A – аддитивный, H – неаддитивный эффекты генов при коэффициентах наследуемости в узком смысле h^2 выше и ниже 0.50 соответственно.

Наиболее перспективными гибридными комбинациями для отбора крупноплодных генотипов, с нашей точки зрения, являются гибридные семьи Φ лоренс \times Белруби и Нелли \times Φ лоренс, о чем свидетельствуют высокие значения h^2 .

Важным хозяйственно-биологическим признаком, определяющим качество и пригодность ягод земляники к длительному хранению и транспортировкам, является плотность мякоти ягод. Данные по коэффициенту наследуемости и генетическим эффектам этого признака представлены в табл. 2.

Таблица 2 — Значения коэффициентов наследуемости в узком смысле h^2 по плотности мякоти ягод

| Родительский сорт | Гибридный отбор | h ² | Эффект генов |
|-------------------|--|----------------|-----------------|
| Флоренс | 13-1-15 Флоренс × Белруби | 0,29 | Н |
| | 11-1-15 Белруби × Флоренс | 0,02 | Н |
| | 3-27-12 Белруби × F ₁ C-141 | 0,85 | A |
| | 8-25-12 Белруби × F ₁ C-141 | 0,49 | Н |
| | Гибрид №1 Белруби × F ₁ C-141 | 0,85 | A |
| | 8-24-12 Белруби × F ₁ C-141 | 0,24 | Н |
| | 2-24-12 Белруби × F ₁ C-141 | 0,29 | Н |
| | 13-1-15 Флоренс × Белруби | 0,31 | Н |
| Белруби | 1-1-08 Сельва × Белруби | 0,25 | Н |
| | 18-1-15 Белруби × Онда | 0,80 | A |
| | 11-1-15 Белруби × Флоренс | 0,15 | Н |
| Онда | 20-1-15 Онда × Елизавета II | 0,20 | Н |
| | 18-1-15 Белруби × Онда | 0,62 | A |
| Елизавета II | 20-1-15 Онда × Елизавета II | 0,07 | Н |
| | 2-14-08 Моллинг Пандора × Мармолада | 0,74 | A |
| Моллинг Пандора | 5-5-08 Моллинг Пандора × Мармолада | 0,41 | Н |
| | 1-1-08 Сельва × Мармолада | 0,36 | Н |
| | 2-14-08 Моллинг Пандора × Мармолада | 0,48 | Н |
| Мармолада | 5-5-08 Моллинг Пандора × Мармолада | 0,29 | Н |
| Хоней | 2-10-06 Фейерверк × Хоней | 0,42 | Н |

Преобладание неаддитивных эффектов генов в наследовании плотности мякоти ягод наблюдается у большинства изученных по этому признаку сортов. Исключение составляют Онда и Моллинг Пандора, в гибридных комбинациях с участием которых в равной степени с неаддитивным может проявляться и аддитивный суммирующий эффект генов, в зависимости от условий года выращивания. Сорта Онда и Моллинг Пандора способны в отдельных комбинациях скрещиваний проявлять донорский потенциал, обусловленный аддитивными взаимодействиями, но решающая эффективность селекционного отбора по плотности проявляется в отдельных гибридных комбинациях с их участием.

Другим важнейшим показателем качества ягод земляники в условиях рынка потребления продукции как в свежем виде, так и для технологических линий переработки, является содержание в ягодах сахаров, определяемое показателем Brix%. Значения коэффициентов наследуемости h^2 по содержанию сахаров для изученных сортов земляники представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Значения коэффициентов наследуемости в узком смысле h² по содержанию сахаров в ягодах земляники (Brix%)

| Родительский сорт | Гибридный отбор | h ² | Эффект генов |
|-------------------|--|----------------|-----------------|
| Флоренс | 11-1-15 Белруби × Флоренс | 0,31 | Н |
| | 10-1-15 Белруби × Нелли | 0,43 | Н |
| Белруби | 18-1-15 Белруби × Онда | 0,18 | Н |
| | 1-1-08 Сельва × Белруби | 0,66 | A |
| | 11-1-15 Белруби × Флоренс | 0,87 | A |
| Онда | 18-1-15 Белруби × Онда | 0,63 | A |
| Нелли | 10-1-15 Белруби × Нелли | 0,74 | A |
| | 5-5-08 Моллинг Пандора × Мармолада | 0,64 | A |
| Мармолада | 2-14-08 Моллинг Пандора × Мармолада | 0,90 | A |
| | 1-1-08 Сельва × Мармолада | 0,59 | A |
| Хоней | 2-10-06 Фейерверк × Хоней | 0,43 | Н |

Преобладание аддитивного эффекта генов по содержанию сахаров отмечается для изученных сортов земляники в большинстве гибридных отборов с их участием. Только у форм с участием Флоренс и Хоней 11-1-15 Белруби \times Флоренс и 2-10-06 Фейерверк \times Хоней отмечено преобладание неаддитивного эффекта (значения h^2 составили 0,31 и 0,43 соответственно).

Для сорта Белруби отмечается возможность модифицирующего влияния условий года выращивания на содержание сахаров в свежих ягодах, при котором в гибридных отборах с его участием 10-1-15 Белруби × Нелли и 18-1-15 Белруби × Онда наблюдается неаддитивный, а в отборах 1-1-08 Сельва × Белруби, 11-1-15 Белруби × Флоренс — аддитивный эффект генетических взаимодействий в зависимости от реакции генотипов, участвующих в скрещиваниях, на условия среды.

Выводы. Таким образом, проведенный анализ наследуемости признаков качества ягод земляники по оценке аддитивного и неаддитивного генетических эффектов позволил установить:

- для изученных сортов земляники (Белруби, Флоренс, Онда, Елизавета II, Нелли, Моллинг Пандора, Мармолада Хоней) в большей части гибридных отборов с их участием в реализации признаков средняя масса ягод, плотность мякоти ягод и содержание сахаров (Brix%) в ягодах преобладают неаддитивные эффекты генетических взаимодействий, свидетельствующие в пользу эффективности селекционного отбора в отдельных комбинациях скрещиваний с их участием;
- существенный аддитивный эффект генов, определяющий возможность донорского потенциала, отмечен по средней массе ягод для сорта
 Флоренс, по содержанию сахаров для сортов Онда, Нелли и Мармолада;
- модифицирующее влияние экологических условий среды выращивания на плотность ягод земляники отчетливо выражено у гибридных отборов с участием сортов Онда и Моллинг Пандора, на содержание сахаров
 с участием сорта Белруби.

Литература

- 1. Ciulca S., Carp N., Madoşa E., Ciulca A., Şumălan R. Assessment of Combining Ability Effects for Several Yield and Quality Traits in a Complete Diallel Cross of Strawberry // Not. Bot. Horti. Agrobo. 2017. 45(2). P. 517-524.
- 2. Gecer M.K., Eyduran E., Yilmaz H. The Effect of Different Applications on Fruit Yield Characteristics of Strawberries Cultivated under Van Ecological Condition // J. Anim. Plant Sci. -2013.-23(5).-P. 1431-1435.
- 3. Зубов А.А. Теоретические основы селекции земляники. Мичуринск: ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, 2004. 196 с.
- 4. Capocasa F., Diamanti J., Tulipani S., Battino M., Mezzetti B. Breeding Strawberry ($Fragaria \times ananassa$ Duch.) to increase fruit nutritional quality // BioFactors. -2008.-34.-P.67-72.
- 5. Mathey M.M., Mookerjee S., Mahoney L.L. et al. Genotype by environment interactions and combining ability for strawberry families grown in diverse environments // Euphytica. -2017. -213(5). -P. 112-124.
- 6. Mezzetti B., Giampieri F., Zhang Y., Zhong C. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world # Journal of Berry Research. $-2018.-8.-P.\ 205-211.$

- 7. Comstock R.E., Kelleher T., Morrow E.B. Genetic variation in an asexual species, the garden strawberry // Genetics. 1958. 43. P. 634-646.
- 8. Hansche P.E., Bringhurst R.S., Voth V. Estimates of genetic and environmental parameters in the strawberry // Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 1968. 92. P. 338-345.
- 9. Watkins R., Spangelo L.P.S. Components of genetic variance in the cultivated strawberry // Genetics. -1968. -59(1). -P. 93-103.
- 10. Barritt B.H. Breeding strawberries for fruit firmness // J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1979. 104. P. 663-665.
- 11. Bringhurst R.S., Voth V. Breeding octoploid strawberries // Iowa State University Journal of Research. 1984. 58. P. 371-381.
- 12. Galletta G.J., Maas J.L. Strawberry genetics // HortScience. 1990. 25. P. 871-879.
- 13. Whitaker V.M., Osorio L.F., Hasing T. Estimation of Genetic Parameters for 12 Fruit and Vegetative Traits in the University of Florida Strawberry Breeding Population // J. Amer. Soc. Hort. Sci. 2012. 137(5). P. 316-324.
- 14. López-Medina J., Vazquez E., Medina J.J. et al. Genotype × environment interaction for planting date and plant density effects on yield characters of strawberry // Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 2001. 76(5). P. 564-568.
- 15. Masny A., Mądry W., Żurawicz E. Combining Ability Analysis of Fruit Yield and Fruit Quality in Ever-bearing Strawberry Cultivars Using and Incomplete Diallel Cross Design // J. Fruit Ornam. Plant Res. 2005. Vol. 13. P. 5-17.
- 16. Федин М.А., Силис Д.Я., Смиряев А.В. Статистические методы генетического анализа. М.: Колос, 1980. 207 с.
- 17. Фалконер Д.С. Введение в генетику количественных признаков. М.: Агропромиздат, 1985. 486 с.
- 18. Каньшина М.В. Селекция и генетико-статистический анализ наследуемости признаков ягод черной смородины // Плодоводство и ягодоводство России. 2009. Т. XXII. Ч. 2. С. 73-79.
- 19. Каньшина М.В. Генетические ресурсы и инновационные методы в селекции сортов смородины черной // Современные тенденции устойчивого развития ягодоводства России (смородина, крыжовник): сб. науч. трудов, посвященный 110-летия со дня рожд. д-ра с.-х. наук, заслуж. деятеля науки РСФСР К.Д. Сергеевой. ФНЦ им. И.В. Мичурина. Воронеж: Кварта, 2018. Т. 1. С. 98-119.
- 20. Рокицкий П.Ф. Введение в статистическую генетику. Минск: Вышэйшая школа, 1978. 448 с.
- 21. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орёл: ВНИИСПК, 1999. 606 с.

References

- 1. Ciulca S., Carp N., Madoşa E., Ciulca A., Şumălan R. Assessment of Combining Ability Effects for Several Yield and Quality Traits in a Complete Diallel Cross of Strawberry // Not. Bot. Horti. Agrobo. 2017. 45(2). P. 517-524.
- 2. Gecer M.K., Eyduran E., Yilmaz H. The Effect of Different Applications on Fruit Yield Characteristics of Strawberries Cultivated under Van Ecological Condition // J. Anim. Plant Sci. -2013.-23(5).-P. 1431-1435.
- 3. Zubov A.A. Teoreticheskie osnovy selekcii zemlyaniki. Michurinsk: VNIIGiSPR im. I.V. Michurina, 2004. 196 s.

- 4. Capocasa F., Diamanti J., Tulipani S., Battino M., Mezzetti B. Breeding Strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) to increase fruit nutritional quality // BioFactors. – 2008. – 34. – P. 67-72.
- 5. Mathey M.M., Mookerjee S., Mahoney L.L. et al. Genotype by environment interactions and combining ability for strawberry families grown in diverse environments // Euphytica. – 2017. – 213(5). – P. 112-124.
- 6. Mezzetti B., Giampieri F., Zhang Y., Zhong C. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world // Journal of Berry Research. – 2018. – 8. – P. 205-211.
- 7. Comstock R.E., Kelleher T., Morrow E.B. Genetic variation in an asexual species, the garden strawberry // Genetics. – 1958. – 43. – P. 634-646.
- 8. Hansche P.E., Bringhurst R.S., Voth V. Estimates of genetic and environmental parameters in the strawberry // Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. – 1968. – 92. – P. 338-345.
- 9. Watkins R., Spangelo L.P.S. Components of genetic variance in the cultivated strawberry // Genetics. – 1968. – 59(1). – P. 93-103.
- 10. Barritt B.H. Breeding strawberries for fruit firmness // J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1979. – 104. – P. 663-665.
- 11. Bringhurst R.S., Voth V. Breeding octoploid strawberries // Iowa State University Journal of Research. – 1984. – 58. – P. 371-381.
- 12. Galletta G.J., Maas J.L. Strawberry genetics // HortScience. 1990. 25. -P. 871-879.
- 13. Whitaker V.M., Osorio L.F., Hasing T. Estimation of Genetic Parameters for 12 Fruit and Vegetative Traits in the University of Florida Strawberry Breeding Population // J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 2012. – 137(5). – P. 316-324.
- 14. López-Medina J., Vazquez E., Medina J.J. et al. Genotype × environment interaction for planting date and plant density effects on yield characters of strawberry // Journal of Horticultural Science & Biotechnology. – 2001. – 76(5). – P. 564-568.
- 15. Masny A., Madry W., Żurawicz E. Combining Ability Analysis of Fruit Yield and Fruit Quality in Everbearing Strawberry Cultivars Using and Incomplete Diallel Cross Design // J. Fruit Ornam. Plant Res. – 2005. – Vol. 13. – P. 5-17.
- 16. Fedin M.A., Silis D.Ya., Smiryaev A.V. Statisticheskie metody geneticheskogo analiza. M.: Kolos, 1980. 207 s.
- 17. Falkoner D.S. Vvedenie v genetiku kolichestvennyh priznakov. M.: Agropromizdat, 1985. 486 s.
- 18. Kan'shina M.V. Selekciya i genetiko-statisticheskij analiz nasleduemosti priznakov yagod chernoj smorodiny // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2009. T. XXII. Ch. 2. S. 73-79.
- 19. Kan'shina M.V. Geneticheskie resursy i innovacionnye metody v selekcii sortov smorodiny chernoj // Sovremennye tendencii ustojchivogo razvitiya yagodovodstva Rossii (smorodina, kryzhovnik): sb. nauch. trudov, posvyashchennyj 110-letiya so dnya rozhd. d-ra s.-h. nauk, zasluzh. deyatelya nauki RSFSR K.D. Sergeevoj. FNC im. I.V. Michurina. Voronezh: Kvarta, 2018. T. 1. S. 98-119.
- 20. Rokickij P.F. Vvedenie v statisticheskuyu genetiku. Minsk: Vyshejshaya shkola, 1978. 448 s.
- 21. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Oryol: VNIISPK, 1999. 606 s.