

## ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА НАСЛЕДУЕМОСТИ СРЕДНЕЙ МАССЫ ЯГОДЫ У СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ

Лапшин В.И., канд. биол. наук, Яковенко В.В., канд. с.-х. наук

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

**Реферат.** Приводятся результаты оценки наследственных качеств четырех сортов земляники по признаку средней массы ягоды, согласно значениям коэффициента наследуемости в узком смысле  $h^2$ . Показана возможность применения кластерного анализа по методу Уорда, предусматривающая преобразование исходных данных, в сочетании с вычислением коэффициента наследуемости  $h^2$ , для выявления свойств генетических доноров изученных сортов. Выявлен донорский потенциал по изученному признаку у сортов земляники Онда, Флоренс, Нелли и Белрубви.

**Ключевые слова:** земляника, сорта, средняя масса ягоды, кластерный анализ, коэффициент наследуемости в узком смысле  $h^2$ , доноры

**Summary.** The results of evaluation of the hereditary features of four strawberry varieties on the sign of average fruit weight are presented, according to the values of the heritability coefficient in the narrow sense of  $h^2$ . It is shown the possibility of using the cluster analysis by Ward's method, which implies the transformation of the original data, in combination with the calculation of the heritability coefficient  $h^2$  to identify the genetic donors properties of the varieties studied. The donor potential of the sign studied in the strawberry varieties as Onda, Florence, Nelli and Belrubvi is revealed.

**Key words:** strawberry, varieties, average fruit weight, cluster analysis, heritability coefficient in the narrow sense of  $h^2$ , donors

**Введение.** Генетический контроль признаков и биологические особенности земляники садовой, определяющие диапазон их варьирования, тесно связаны с экологическими условиями выращивания сортов и гибридов культуры [1-4]. Селекционный отбор лучших генотипов земляники основывается на фенотипической оценке сеянцев и гибридных форм в ряду последовательных поколений. Успешность отбора, по мнению D.S. Falconer и др. [5], тесно связана с величиной общей дисперсии, важными параметрами которой являются фенотипическая, генетическая дисперсии и коэффициент наследуемости в узком смысле  $h^2$ , позволяющий оценить долю аддитивных эффектов генов в изменчивости признака.

Важность показателя  $h^2$  определяется возможностью количественной оценки взаимосвязи варьирования изучаемого признака у родителей и потомков в конкретных условиях среды выращивания [6-7]. R.M. Bourdon считает, что показатель наследуемости в узком смысле  $h^2$  может принимать высокие, низкие или средние значения [8]. Низкая величина, 0,20 и ниже, может объясняться тем, что воздействие окружающей среды на генотип достаточно велико при небольшой фенотипической изменчивости, что означает сильную связь селекционных признаков с окружающей средой. Среднее (или умеренное) значение коэффициента наследуемости варьирует от 0,20 до 0,40. Когда же показатель  $h^2$  составляет 0,40 и более, то это свидетельствует о высокой взаимосвязи фенотипа и генотипа у родителей и их потомков.

Наибольший вклад суммарных аддитивных взаимодействий генов и эффективность отбора перспективных родительских форм по фенотипу определяются высокими значениями коэффициента наследуемости в узком смысле  $h^2$ . Низкие значения коэффициента  $h^2$

указывают на целесообразность отбора в отдельных комбинациях, связанную с неаддитивными взаимодействиями в негомологичных хромосомах и со значительным влиянием условий выращивания на реализацию признака.

Изучению и количественной оценке наследуемости земляники при помощи соответствующего коэффициента посвящено много работ [9-11], но по причине разнообразия сортов, используемых в различных селекционных программах, и условий, в которых реализуются эти программы, изучение показателя наследуемости хозяйственно ценных признаков в узком смысле  $h^2$  по-прежнему актуально. Информация о наследовании признаков имеет важное значение для отбора перспективного материала и проведения селекционных работ.

Целью данной работы является оценка вкладов аддитивных генетических эффектов по признаку «средняя масса ягоды» у ряда сортов земляники в условиях Краснодарского края.

**Объекты и методы исследований.** Для выявления особенностей наследования крупноплодности земляники, обусловленных различиями долей аддитивного и неаддитивного эффектов генов в реализации указанного признака, нами было проведено изучение по средней массе ягоды 4 сортов – Онда, Белруби, Флоренс, Нелли и 6 гибридных отборов земляники, полученных с их участием – 18-1-15 Белруби × Онда, 20-1-15 Онда × Елизавета II, 10-1-15 Белруби × Нелли, 5-19-15 Онда × Белруби, 11-1-15 Белруби × Флоренс, 14-1-15 Белруби × Флоренс.

Изучение особенностей наследственной изменчивости по учетному у сортов и гибридов земляники признаку предусматривало объединение генотипов в группы с применением одной из моделей многомерной математической статистики – кластерного анализа по методу Уорда, согласно минимуму внутригрупповой дисперсии [12]. Кластеризация по методу Уорда позволяет использовать в качестве анализируемых вариационных рядов безразмерные величины, полученные путем преобразования значений одного количественного признака, характеризующегося сходным генетическим контролем в исследуемых группах растений.

Применение методов многомерной статистики в селекционно-генетических исследованиях земляники садовой позволяет описать генотипы культуры по комплексу хозяйственно-биологических и морфологических признаков и тем самым достаточно адекватно оценить наследственно обусловленные различия между изучаемыми формами в конкретных условиях выращивания, согласно основным направлениям генотипической изменчивости исследуемых популяций [13-14]. Для исследования взаимосвязи проявления признака крупноплодности у родительских форм и гибридного потомства использовалась статистическая модель однофакторного дисперсионного анализа, позволившая вычислить варианты изменчивости, по которым были получены значения коэффициента наследуемости в узком смысле  $h^2$ . При выполнении работы использовалась Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [15] и ряд специальных пособий [6, 16].

**Обсуждение результатов.** Для изучения структуры изменчивости применялся кластерный анализ. С учетом его принадлежности к классу многомерных математических методов, для его выполнения нами было предложено преобразование исходных данных по признаку средней массы ягоды, при котором анализируемыми значениями изученных форм выступали соотношения средней массы ягоды каждого отдельного сорта или гибрида земляники с соответствующим показателем у всех остальных изученных сортов и ги-

бридов, согласно формуле  $\frac{x_n}{x_{n+i}} \cdot 100$ , где  $x_n$  – средняя масса ягоды сорта или гибрида,  $x_{n+i}$  – средняя масса ягоды данного или последующего сорта или гибрида, где  $i = 0, 1, 2$  и т.д.

Для каждого генотипа земляники было получено 10 наблюдений по указанным соотношениям значений средней массы ягоды, что позволило провести кластеризацию. Результаты кластерного анализа приводятся на рисунке.

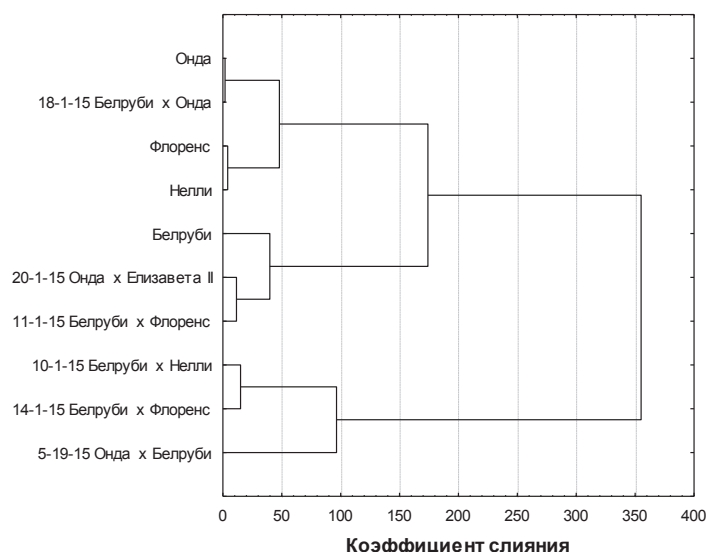


Рис. Кластерный анализ сортов и гибридов земляники по соотношениям значений средней массы ягод

Согласно результатам объединения сортов и гибридных форм земляники по соотношениям значений средней массы ягоды было получено 3 кластера, состав которых приводится в таблице 1.

Таблица 1 – Состав кластеров по результатам объединения сортов и гибридов земляники

Кластер	Сорт/гибрид	Соотношение значений средней массы ягоды	Средняя масса ягоды, г
1	Онда, 18-1-15 Белруби × Онда, Флоренс, Нелли	124,9	16,6
2	Белруби, 20-1-15 Онда × Елизавета II, 11-1-15 Белруби × Флоренс	104,6	13,9
3	10-1-15 Белруби × Нелли, 14-1-15 Белруби × Флоренс, 5-19-15 Онда × Белруби	78,3	11,0

Результаты кластеризации показывают, что 3 сорта земляники из 4 (Онда, Флоренс, Нелли), выступающих в качестве родительских форм гибридных отборов, вошли в первый кластер, отличающийся наибольшей величиной массы ягоды – 16,6 г. В данный кластер вошел также селекционный номер 18-1-15 Белруби × Онда. Объединение большинства изученных сортов в одну группу по принципу минимума внутригрупповой дисперсии свидетельствует в пользу их генотипической стабильности по признаку «средняя масса ягоды» и сходной реакции указанных генотипов на условия выращивания.

Большинство гибридных отборов с участием данных сортов земляники вошли в два других кластера.

Вторая группа с массой ягоды 13,9 г объединила в себя сорт Белруби и отборы 20-1-15 Онда × Елизавета II и 11-1-15 Белруби × Флоренс.

Третья группа, отличающаяся самым низким размером ягод, представлена тремя гибридами земляники – 10-1-15 Белруби × Нелли, 14-1-15 Белруби × Флоренс и 5-19-15 Онда × Белруби; ее средняя масса ягоды составила 11,0 г.

Специфика изменчивости изученных сортов и гибридных форм земляники по признаку средней массы ягоды наиболее отчётливо проявляется в генетически обусловленных различиях между изученными генотипами, определившими разделение изученных объектов на три группы, согласно критерию минимума внутригрупповой и максимума межгрупповой дисперсии.

Для количественной оценки взаимосвязи наследственных характеристик генотипов изученных родительских сортов земляники со структурой фенотипической изменчивости, выявленной в результате кластеризации, нами были вычислены коэффициенты наследуемости в узком смысле  $h^2$  по средней массе ягод с использованием общей фенотипической, генетической и остаточной варианс. Вычисленные значения  $h^2$  приводятся в таблице 2.

Таблица 2 – Значения коэффициентов наследуемости в узком смысле  $h^2$  изученных сортов земляники по средней массе ягоды

Сорт	Гибридный номер	$h^2$
Онда	18-1-15 Белруби × Онда	0,36
	5-19-15 Онда × Белруби	<b>0,69</b>
	20-1-15 Онда × Елизавета II	<b>0,70</b>
Белруби	18-1-15 Белруби × Онда	0,10
	14-1-15 Белруби × Флоренс	<b>0,52</b>
	5-19-15 Онда × Белруби	<b>0,49</b>
	11-1-15 Белруби × Флоренс	0,18
	10-1-15 Белруби × Нелли	<b>0,40</b>
Нелли	10-1-15 Белруби × Нелли	<b>0,43</b>
Флоренс	11-1-15 Белруби × Флоренс	0,31
	14-1-15 Белруби × Флоренс	<b>0,54</b>

Полученные значения коэффициентов наследуемости  $h^2$  для родительских сортов земляники в изученных гибридных отборах свидетельствуют как о наличии высокой связи генотипа и фенотипа в изменчивости признака крупноплодности и выраженных аддитивных генетических эффектах, так и о сильном влиянии условий выращивания на реализацию признака для ряда селекционных номеров.

Сорта Онда, Нелли и Флоренс, вошедшие в первый кластер (см. рис.), для большинства гибридных отборов показали коэффициенты наследуемости от 0,43 до 0,70 (см. табл. 2), что указывает на наличие аддитивных эффектов генов по крупноплодности и практическую реализацию донорских качеств данных сортов в следующих отборах: для сорта Онда – в селекционных номерах 5-19-15 Онда × Белруби и 20-1-15 Онда × Елизавета II, для сорта Нелли – 10-1-15 Белруби × Нелли, для сорта Флоренс – 14-1-15 Белруби × Флоренс.

Следует отметить, что все гибридные номера, в которых сорта Онда, Нелли и Флоренс выступали в качестве родительских форм и показали коэффициенты наследуемости  $h^2$ , превышающие 0,40, вошли не в первый кластер с тремя данными сортами, а во второй и третий кластеры, что свидетельствует о решающем вкладе генотипических вариантов сортов и гибридов в разделение полученных кластеров по принципу межгрупповой дисперсии.

Относительно низкие значения коэффициента  $h^2$ , полученные для сорта Онда в гибридном отборе 18-1-15 Белруби × Онда (0,36) и Флоренс в 11-1-15 Белруби × Флоренс (0,31) сопутствуют сильному влиянию условий среды выращивания на признак крупноплодности для данных отборов и возможному преобладанию в них неаддитивных эффектов генов.

Сорт Белруби в трех из пяти селекционных номеров со своим участием (14-1-15 Белруби × Флоренс, 5-19-15 Онда × Белруби и 10-1-15 Белруби × Нелли) показал коэффициенты наследуемости от 0,40 до 0,52, характеризующие наличие аддитивных эффектов и высокое соответствие генотипа Белруби фенотипу сорта. Все 3 указанных отбора вошли в третий кластер (см. рис.), в отличие от Белруби, вошедшего во второй кластер. Низкое

значение коэффициента наследуемости 0,18, полученное для указанного сорта в отборе 11-1-15 Белруби × Флоренс, вошедшем с Белруби в один кластер, свидетельствует об одинаково сильном влиянии экологических условий на проявление признака крупноплодности у сорта Белруби и данного гибридного генотипа, определившем вхождение сорта и отбора 11-1-15 в один кластер по принципу минимума внутригрупповой дисперсии.

**Выводы.** Таким образом, проведенные исследования показывают, что при изучении генотипически обусловленной изменчивости признака «средняя масса ягоды» у земляники садовой наиболее высокие значения коэффициента наследуемости в узком смысле  $h^2$  характерны для сортов в гибридных отборах, существенно отличающихся от родительских форм по указанному признаку, что находит отражение в построении групп при кластерном анализе.

Сочетание математической процедуры кластерного анализа по методу Уорда, согласно принципу минимума внутригрупповой и максимума межгрупповой дисперсии, с традиционной методикой вычисления коэффициента наследуемости позволяет точнее оценить вклад аддитивных эффектов генов в реализацию признака средней массы ягоды и донорские качества исследуемых сортов земляники.

#### Литература

1. Hansche, P.E. Estimates of genetic and environmental parameters in the strawberry / P.E. Hansche, R.S. Bringham, V. Voth // Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. – 1968. – 92. – P. 338-345.
2. Зубов А.А. Теоретические основы селекции земляники. Мичуринск: ГНУ ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина. 2004. 196 с.
3. Whitaker, V.M. Estimation of Genetic Parameters for 12 Fruit and Vegetative Traits in the University of Florida Strawberry Breeding Population / V.M. Whitaker, L.F. Osorio, T. Hasing // J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 2012. – 137(5). – P. 316-324.
4. Vieira, S.D. Heritability and Combining Ability Studies in Strawberry Population / S.D. Vieira, A.L.R. Araujo, D.C. Souza, L.V. Resende, M.E. Leite, J.T.V. Resende // Journal of Agricultural Science. – 2019. – Vol. 11. – No. 4. – P. 457-469.
5. Falconer, D.S., Mackay, T.F.C. Introduction to Quantitative Genetics (4th Edition). London: Longman Group Ltd. 1996. 480 pp.
6. Федин М.А., Силис Д.Я., Смирязев А.В. Статистические методы генетического анализа. М.: Колос, 1980. 207 с.
7. Каньшина М.В. Генетические ресурсы и инновационные методы в селекции сортов смородины черной // Современные тенденции устойчивого развития ягодоводства России (смородина, крыжовник): сб. науч. трудов, посвящ. 110-летию со дня рожд. д-ра с.-х. наук, заслуж. деятеля науки РФ К.Д. Сергеевой / ФНЦ им. И.В. Мичурина. Воронеж: Кварта, 2018. Т. 1. С. 98-119.
8. Bourdon, R.M. Understanding Animal Breeding (2nd Edition). NY: Prentice Hall. 1999. 538 pp.
9. Fort, S.B. Genetic analysis of strawberry root system traits in fumigated and non-fumigated soils II. Relationships among root system and above-ground traits of strawberry seedlings / S.B. Fort, D.V. Shaw // J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 2000. – 125. – P. 324-329.
10. Shaw, D.V. Genetic variation and response to selection for early season fruit production in California strawberry seedling (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) populations / D.V. Shaw, K.D. Larson // J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 2005. – 130. – P. 41-45.
11. Cruz, C.D., Regazzi, A., Carneiro, P.C.S. Biometric Models Applied to Genetic Improvement (4th Edition). Viçosa, MG: UFV. 2012. 514 pp.
12. Мандель И.Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика. 1988. 176 с.
13. Höfer, M. Morphological evaluation of 108 strawberry cultivars – and consequences for the use of descriptors / M. Höfer, R. Drewes-Alvarez, P. Scheewe, K. Olbricht // Journal of Berry Research. – 2012. – Vol. 2. – No. 4. – P. 191-206.
14. Щеглов С.Н. Изменчивость и методы ее изучения в селекции ягодных культур. Краснодар: КубГУ. 2013. 307 с.
15. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орёл: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
16. Рокицкий, П.Ф. Введение в статистическую генетику. Минск: Вышэйшая школа. 1978. 448 с.