

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «ГЕНОТИП – СРЕДА» И НАСЛЕДОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В КОМБИНАЦИИ СКРЕЩИВАНИЯ СЕМЕННОГО И БЕССЕМЯННОГО СОРТОВ ВИНОГРАДА (*VITIS VINIFERA* L.)

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-99-112

УДК 634.8.093

Поступление/Received: 19.06.2019

Принято/Accepted: 29.11.2019

В. РОЙЧЕВ

Аграрный Университет – Пловдив,  
Болгария, Пловдив 4000, бул. Менделеев, 12;  
✉ roytchev@yahoo.com

GENOTYPE-ENVIRONMENT INTERACTIONS AND  
INHERITANCE OF QUANTITATIVE TRAITS  
IN A HYBRID COMBINATION BETWEEN SEEDED AND  
SEEDLESS GRAPEVINE CULTIVARS (*VITIS VINIFERA* L.)

V. ROYCHEV

Agricultural University – Plovdiv,  
12 Mendeleev Blvd., Plovdiv 4000, Bulgaria;  
✉ roytchev@yahoo.com

Проведено исследование по выявлению взаимодействий «генотип – среда» и наследования количественных признаков в комбинации скрещивания семенного и бессемянного сортов винограда – Армира × Русалка 1. Было установлено, что отбор ценных гибридных форм будет более эффективным по признакам «цветение – размягчение ягод», «размягчение ягод – технологическая спелость», «масса грозди», «масса 100 ягод» и «кислотность». Взаимодействия доминантных генов со средой протекают гораздо более интенсивно по сравнению с взаимодействиями аддитивных генов. Очень высокими показателями наследуемости в поколении  $F_1$  обладают признаки «распускание почек», «цветение», «распускание почек – цветение», «цветение – размягчение ягод», «размягчение ягод – технологическая спелость», «индекс формы ягоды (длина/ширина)», «масса 100 ягод», «сахаристость» и «кислотность». В зависимости от генетической стабильности доминантного параметра, взаимодействующего со средой, можно произвести сравнительную оценку для каждого признака и соответственно селекционной цели отобрать элитные растения – гибриды, сочетающие важнейшие хозяйственные признаки.

**Ключевые слова:** статистические модели, генетика количественных признаков, аддитивные и доминантные гены, влияние условий внешней среды.

The genotype–environment interactions and the inheritance of quantitative traits in a hybrid combination between a seeded grapevine cultivar and a seedless one (Armira × Rusalka 1) have been studied. It has been found that the selection of valuable hybrid forms shall become more efficient when conducted according to the traits ‘flowering – berry softening’, ‘berry softening – technological maturity’, ‘cluster weight’, ‘weight of 100 berries’ and ‘acids’. Dominant gene interactions with the environment are characterized by significantly greater intensity in comparison to those of additive genes. Inheritance in  $F_1$  progeny manifests very high values for the traits ‘budding’, ‘flowering’, ‘budding – flowering’, ‘flowering – berry softening’, ‘berry softening – technological maturity’, ‘berry length’, ‘berry width’, ‘weight of 100 berries’, ‘sugars’ and ‘acids’. According to the genetic stability of the dominant parameter interacting with the environment, a comparative evaluation can be made for each trait and, depending on the selection purpose, elite hybrid plants can be singled out, which possess a combination of the most important commercial traits.

**Key words:** statistical models, genetics of quantitative traits, additive and dominant genes, influence of environmental conditions.

## Введение

Статистические модели в генетике количественных признаков чаще всего описывают популяционные соотношения и трудноприменимы в селекции винограда, в которых особый интерес представляют генетические эффекты и эффекты взаимодействия «генотип – среда» аддитивных и доминантных генов. Большинство хозяйственно важных признаков обычно нечетко различимы у отдельных гибридных форм, фенотипические характеристики которых обусловлены не только генетическими причинами, но и подвержены влиянию условий внешней среды. Эффекты взаимодействия «генотип – среда» аддитивных и доминантных генов сказываются на изменчивости и стабильности признаков, в силу чего они были объектом ряда публикаций и обзорных исследований (Comstock, Moll, 1963; Freeman, 1973; Hill, 1975; Fedin et al., 1980; Khotyleva, Tarutina, 1982; Kearsey, 1993). В этих трудах в качестве адекватной принимается доминантная модель, в которой фе-

нотипические значения наиболее близки к генотипическим, и анализируется взаимодействие аддитивных генов более чем в одной среде (Moreno-González, Cubero, 1986; Moreno-González, 1993). Другие авторы установили, что связь между характеристиками различных генотипов и варьирующими условиями среды может быть охарактеризована линейной регрессией (Finlay, Wilkinson, 1963; Allard, Bradshaw, 1964; Perkins, Jinks, 1968, 1968; Freeman, Perkins, 1971). В качестве основного критерия анализа изменчивости расщепления используется математическая модель, базирующаяся на средних значениях количественного признака и вместе с тем отражающая фенотипическую и генотипическую ценность отдельных гибридных форм в популяции (Perkins, Jinks, 1971, 1973; Rokitsky, 1973). Десертные сорта винограда и гибридные поколения, полученные в результате их скрещивания, в относительно большей степени подвержены влиянию условий внешней среды по сравнению с винными. Цель настоящего исследования – повысить эффективность селекцион-

ного процесса путем анализа взаимодействий «генотип – среда» и наследования хозяйственно ценных количественных признаков в комбинации скрещивания семенного и бессемянного сортов винограда.

### Материалы и методы

В течение четырех лет в поколении  $F_1$  от комбинации скрещивания семенного и бессемянного сортов винограда (Армира × Русалка 1) определены семнадцать количественных признаков, сгруппированных в четыре условные группы (Rouchev, 2012, 2014). **I группа – Фенологические признаки (продолжительность фенофазы, межфазного периода):** 1 – «распускание почек»; 2 –

«цветение»; 3 – «распускание почек – цветение»; 4 – «цветение – размягчение (окрашивание) ягод»; 5 – «размягчение (окрашивание) ягод»; 6 – «размягчение (окрашивание) ягод – технологическая спелость»; 7 – «распускание почек – технологическая спелость»; **II группа – Ботаническое описание грозди:** 8 – «длина грозди»; 9 – «ширина грозди»; 10 – «индекс формы грозди»; 11 – «масса грозди»; **III группа – Ботаническое описание ягоды:** 12 – «длина ягоды»; 13 – «ширина ягоды»; 14 – «индекс формы ягоды»; 15 – «масса 100 ягод»; **IV группа – Химический состав ягоды:** 16 – «сахара»; 17 – «кислотность». Сокращенные обозначения признаков, используемые далее в статье для облегчения восприятия, приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** Сокращенные обозначения признаков, используемые в статье  
**Table 1.** Abbreviated denominations of traits used in the article

№ признака	Признак	Сокращенное обозначение признака
<b>I группа. Фенологические признаки (дни / days)</b>		
1	распускание почек	1-рас.п.
2	цветение	2-цв.
3	распускание почек – цветение	3-рас.п.-цв.
4	цветение – размягчение (окрашивание) ягод	4-цв.-раз.яг.
5	размягчение (окрашивание) ягод	5-раз.яг.
6	размягчение (окрашивание) ягод – технологическая спелость	6-раз.яг.-тех.сп.
7	распускание почек – технологическая спелость	7-рас.п.-тех.сп.
<b>II группа. Ботаническое описание грозди</b>		
8	длина грозди (см/см)	8-дл.гр.
9	ширина грозди (см/см)	9-шир.гр.
10	индекс формы грозди» (длина/ширина)	10-инд.фор.гр.
11	масса грозди (г/г)	11-мас.гр.
<b>III группа. Ботаническое описание ягоды</b>		
12	длина ягоды (мм/мм)	12-дл.яг.
13	ширина ягоды (мм/мм)	13-шир.яг.
14	индекс формы ягоды (длина/ширина)	14-инд.фор.яг.
15	масса 100 ягод (г/г)	15-мас.100яг.
<b>IV группа. Химический состав ягоды</b>		
16	сахара (сумма сахаров, %)	16-сах.
17	кислотность (содержание кислот, г/дм <sup>3</sup> /г/дм <sup>3</sup> )	17-кисл.

В исследовании использованы основные параметры, характеризующие аддитивные и доминантные генные эффекты и их взаимодействие со средой. Применялись классические методы, определяющие аддитивность  $-d = (P\bar{x}_i - P\bar{x}_j) : 2$ , доминантность  $-h = F_1\bar{x}_i - m$  и степень доминантности  $-h/d$  ( $m$  – среднее значение обоих родителей) (Mather, Jinks 1971; Mather, Caligari, 1976). Селекционная ценность представлена аддитивным параметром  $d$  и коэффициентом  $d/m\%$ ; наследование – степенью доминантности  $h/d$ ; стабилизирующий или дестабилизирующий эффект аддитивных и доминантных генов, взаимодействующих со средой, – коэффициентами  $K_1$  и  $K_2$  и данными о коэффициентах регрессии  $bx_i/e_j$ ; и наследуемость в широком смысле  $-h^2$ . Аддитивный ( $d$ ) и доминантный ( $h$ ) параметры были использованы в качестве контроля ( $St$ ). Показатель эффекта среды вычислен по формуле  $e_j = \bar{x}_j - m$ , аддитивный параметр  $-gd = x_{ij} - e_j - d - m$  и  $gh = F_1x_{ij} - e_j - h - m$ , где  $m = (\sum P_1x_{ij} + \sum P_2x_{ij}) : N$  – популяционное среднее двух родительских сортов  $\bar{x}_j$  по средам.

Наследуемость у  $P_1$ ,  $P_2$  и поколения  $F_1$  определена коэффициентом повторяемости, полученным в результате однофакторного дисперсионного анализа без повторностей (Savchenko, 1984; Lakin, 1990). Чтобы охарактеризовать эффект аддитивных и доминантных генов, взаимодействующих со средой ( $gd$  и  $gh$ ), вычислены варианты  $\sigma^2gd$  и  $\sigma^2gh$ , а относительно фенотипической вариабельности – варианты  $\sigma^2x_i$  и вариационные коэффициенты  $VCx_i\%$ . Стабилизирующий и дестабилизирующий эффекты  $gd$  и  $gh$  выражены коэффициентами  $K_1 = \sigma^2x_i / \sigma^2e_j$  и  $K_2 = VCx_i\% / VC\bar{x}_j\%$ , при которых в качестве стандарта использованы  $\sigma^2e_j$  и  $VC\bar{x}_j\%$ , где у  $K_1 > 1$ ,  $K_2 > 1$  эффект является дестабилизирующим, а у  $K_1 < 1$ ,  $K_2 < 1$  – стабилизирующим (Kilchevsky, Khotyleva, 1985, 1989).

Для определения коэффициентов регрессии  $b(d+gd)/e_j$  и  $b(h+gh)/e_j$  применялась актуализированная методика М. А. Федина и др., (Fedina et al., 1980), где  $b(d+gd)e_j = \Sigma(d+gd)e_j / e_j^2$ , квадрат отклонения линии регрессии  $\Sigma d^2 = \sigma^2(d+gd) \cdot (n-1) - b^2(d+gd) / e_j \cdot e_j^2$ , средний квадрат отклонений регрессии  $S^2d = \Sigma d^2 / (n-2)$  и ошибка  $Sb \sqrt{S^2d / \Sigma e_j^2}$ , причем  $t = b(d+gd)e_j / Sb$ . Среднеквадратическая ошибка отклонения регрессии  $S^2d$  определена по формуле  $Fon = S^2d / S^2e / n$ , причем  $S^2e$  получен путем двухфакторного дисперсионного анализа  $P_1$ ,  $P_2$  и поколения  $F_1$  (фактор  $A$  – среда, фактор  $B$  – сорта) с повторениями. Коэффициенты регрессии  $bx_i/e_j$  родительских сортов и поколения  $F_1$  вычислены с применением формул  $P_{max} - bx_i/e_j = 1 + b(d+gd)e_j$  и  $P_{min} - bx_i/e_j = 1 - b(d+gd)e_j$ , и только для поколения  $F_1$   $bx_i/e_j = 1 + b(h+gh)e_j$ . Их использовали и для составления диаграмм, отражающих отдельные признаки посредством уравнений:  $d \hat{+} gd = d + bgd / e_j \cdot e_j$  и  $h \hat{+} gh = h + bgh / e_j \cdot e_j$  и для  $\hat{x}_i = \bar{x}_i + bx_i / e_j \cdot e_j$ , с учетом выявления изменчивости генетических параметров  $d$ ,  $h$ , а также ожидаемых теоретических значений, характеризующих генетическую и фенотипическую изменчивость признаков (Eberchart, Russell, 1966).

## Результаты и обсуждение

Между средними значениями первых четырех фенологических признаков у родительских сортов Армира и Русалка 1 имеются различия, аддитивный параметр ( $d$ ) которых обуславливает их генетическую ценность (табл. 2). Он находится в пределах от 0,1500 до 7,5583 и хорошо выражен у признаков 3-рас.п.-цв. и 4-цв.-разяг. Доминантный параметр ( $h$ ) колеблется в пределах от -0,0500 до 5,2625. Показатель доминантности ( $h/d$ ) варьировал от -0,3333 до 0,8182, то есть доминантность была неполной. Повышенная селекционная ценность, выраженная аддитивной составляющей, наряду со степенью доминантности являются хорошей предпосылкой для селекции. Эффект аддитивных генов, взаимодействующих со средой ( $\sigma^2gd$ ), имеет относительно низкие значения, проявляющиеся ярче всего по признакам 3-рас.п.-цв. (1,7124) и 4-цв.-разяг. (0,2911). Вариансы доминантных генов, взаимодействующих со средой ( $\sigma^2gh$ ), отличаются более высокими уровнями у этих же признаков – 1,9773 и 2,9234.

Аддитивные и доминантные эффекты генов, взаимодействующих со средой, сказываются и на фенотипических значениях признаков, определяющих варианты и вариационные коэффициенты. У сорта 'Армира' они следующие:  $\sigma^2x_i = 0,0432-0,9765$  и  $VCx_i\% = 1,8986-5,1792$ , а у сорта 'Русалка 1' –  $\sigma^2x_i = 0,0133-0,2577$  и  $VCx_i\% = 0,2615-8,1890$ , что означает, что у второго сорта признаки более стабильные. Аналогично сравнение и по относительной стабильности ( $VCx_i\%$ ). Коэффициенты  $K_1$  и  $K_2$  показывают, что эффект аддитивных и доминантных генов, взаимодействующих со средой, почти во всех случаях разнонаправленный.

Коэффициенты регрессии  $b(d+gd)/e_j$  находятся в интервале от -1,8000 до -0,3367. Относительно высокими (-0,3367 и -0,4647) значениями они отличаются у признаков 2-цв. и 3-рас.п.-цв. (рис. 1, б, в) и значительно более низкими – у признаков 1-рас.п. и 4-цв.-разяг. (рис. 1, а, г). Аддитивный параметр в разных средах отличается большей стабильностью у первых признаков и нестабилен у вторых, что сказывается и на возможностях селекции. Регрессии  $b(h+gh)/e_j$  у признаков 2-цв. и 4-цв.-разяг. равняются -0,2953 и -0,1053 и обеспечивают стабильность доминантного параметра, а у признаков 1-рас.п. и 3-рас.п.-цв. (-1,000 и -1,2983 соответственно) – нестабильность. У признаков 1-рас.п., 2-цв. и 3-рас.п.-цв. отклонения прямых регрессии  $b(d+gd)/e_j$  и  $b(h+gh)/e_j$  небольшие и синхронные, что обуславливает приблизительно одинаковое варьирование  $d$  и  $h$  в разных средах сообразно средовому показателю ( $e_j$ ). Прямые регрессии двух генетических показателей пересекаются недалеко от начала координат, где отражается полная доминантность. У всех признаков  $S^2d$  характеризуется недоказанностью и обуславливает стабильность.

Значения коэффициентов регрессии  $bx_i/e_j$  у сорта 'Армира' варьируют в пределах от -0,8000 до 2,3977 и значительно отклоняются от  $St$ , что свидетельствует о генетической нестабильности аддитивного параметра.

**Таблица 2. Генетические параметры аддитивных и доминантных генных эффектов и их взаимодействие со средой, аддитивная способность и стабильность признаков в результате комбинации скрещивания сортов Армира × Русалка 1**

**Table 2. Genetic parameters of additive and dominant gene effects and their interactions with the environment, additive ability and stability of traits in the cross combination between the cultivars Armira × Rusalka 1**

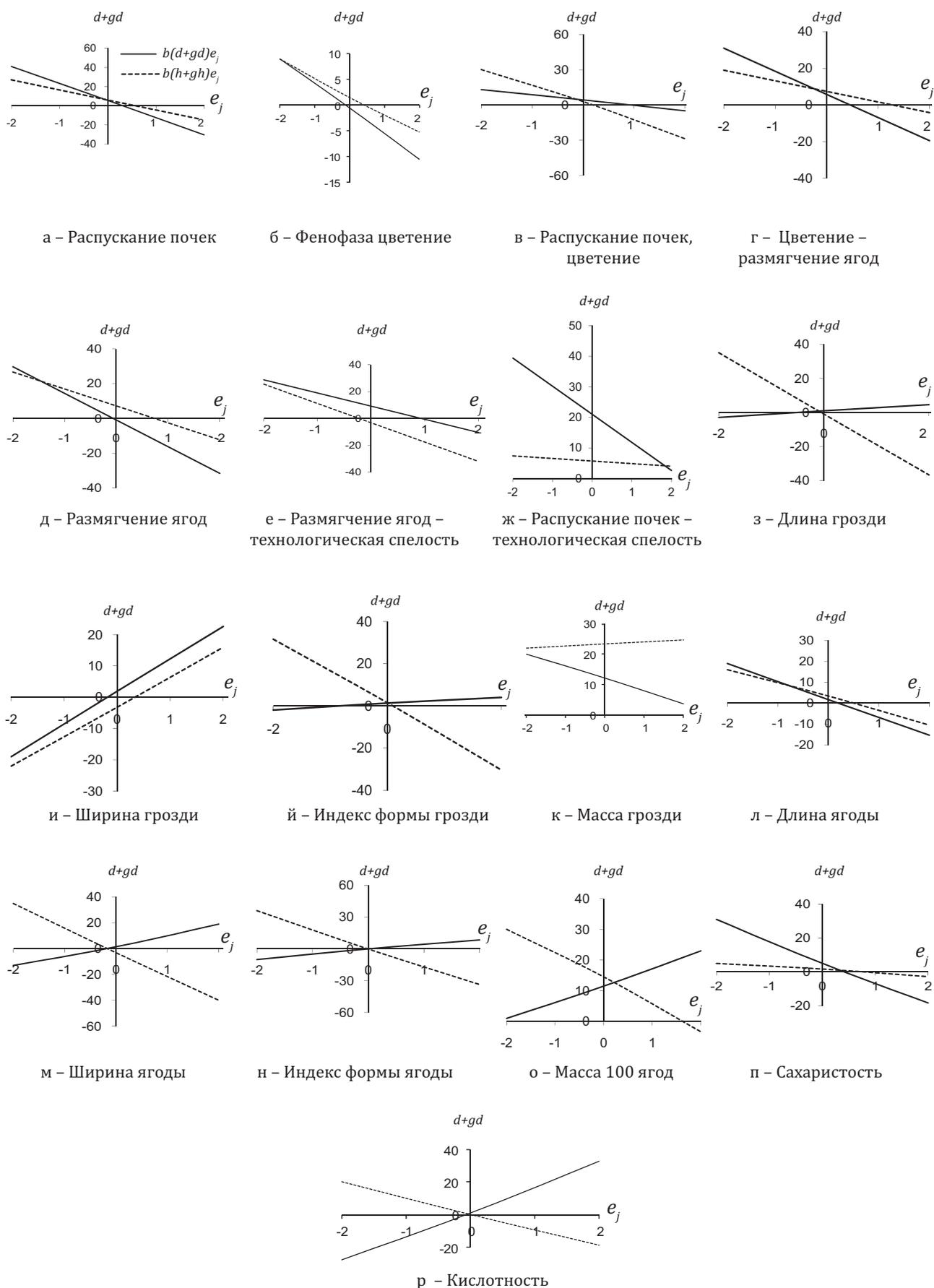
Показатели	Группы	I группа – Фенологические признаки										II группа – Ботаническое описание грозди					III группа – Ботаническое описание ягоды			IV группа – Химический состав ягоды	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
$\bar{x}$	Признаки	6,6	6,5	52,1	43,8	7,6	25,2	121,0	19,2750	12,0875	1,6050	404,57	24,795	18,8425	1,1855	538,95	15,7350	4,4525			
	$P_1$	7,7	6,2	60,5	58,8	7,9	43,6	162,9	21,0840	15,9681	1,3363	646,72	25,691	22,225	1,1572	768,65	16,7386	6,3534			
	$F_1$	7,6	6,3	59,1	56,6	7,5	31,2	147,6	19,1787	10,8516	1,6165	291,73	24,950	19,4562	1,1600	508,28	16,4029	4,5110			
Аддитивные генные эффекты	$d$	+++ 0,5500	0,1500	+++ 4,2436	+++ 7,5583	0,1500	+++ 9,2000	+++ 20,9500	+++ 0,9045	+++ 1,9403	+++ 0,1343	+++ 121,07	+++ 0,4480	+++ 1,6913	+	+++ 114,85	+++ 0,5018	+++ 0,9504			
	$h$	++ 0,4500	-0,0500	+++ 2,8000	+++ 5,2625	+++ -0,2500	-3,2291	+++ 5,6875	+++ -1,0008	+++ -3,1761	+++ 0,1459	-233,91	+++ -0,3430	+++ -1,0775	-0,0113	145,52	0,1660	+++ -0,8918			
Степень доминантности	$h/d$	0,8182	-0,3333	0,6600	0,6900	-1,6666	-0,3500	0,2700	-1,1064	-1,6400	1,0022	-1,9300	-0,7656	-0,6400	-0,8050	-1,2600	0,3300	-0,9400			
	$\sigma^2gd$	0,0241	0,0782	1,7124	0,2911	0,0208	1,1282	1,3470	0,0042	0,0201	0,0002	3,7779	0,0107	0,0043	0,0004	26,347	0,0537	0,0155			
Варianza $\sigma^2$	$\sigma^2gh$	1,3539	0,0550	1,9773	2,9234	4,8624	4,1604	5,5491	0,3890	0,3566	0,0103	15,9376	0,1476	1,6345	0,0724	1390,0	0,5362	0,2254			
	$P_1$	0,0432	0,1133	0,9765	0,8565	0,1366	4,5130	6,9113	0,0761	0,0126	0,0060	12,7706	0,0351	0,0019	0,0001	21,1609	0,0833	0,0027			
$\sigma^2x_i$	$P_2$	0,0133	0,2577	0,1481	0,0236	0,0133	0,0266	0,3095	0,1555	0,0416	0,0004	4,5135	0,0043	0,0129	0,0006	100,068	0,0352	0,0399			
	$F_1$	1,3497	0,0989	6,7912	3,0408	4,8761	2,0189	32,2870	0,1016	0,3771	0,0077	41,4285	0,1474	1,6322	0,0034	1362,9	0,5393	0,2165			
$K_1$ $\sigma^2x_i/\sigma^2e_j$	$P_1$	1,2857	1,0569	2,1919	5,7521	2,5249	3,9539	3,8479	0,6825	1,8000	2,0000	2,6256	3,9000	0,6129	2,0000	0,6175	2,1454	0,4655			
	$P_2$	2,1666	2,4039	0,3324	0,1584	0,2458	0,0233	0,1723	1,3946	1,9428	1,3333	0,9279	0,4777	2,1612	1,2000	1,9202	2,4000	3,8793			
$VCx_i\%$	$F_1$	4,3570	0,9225	4,2439	4,4217	3,1312	1,7687	4,9713	0,9112	4,871	5,666	3,5178	4,3770	4,6510	3,0000	3,1770	5,054	3,3275			
	$P_1$	3,1781	5,1792	1,8986	2,1155	4,8324	8,4303	2,1729	1,4318	0,9301	1,5282	0,8833	0,8411	0,2338	1,0220	0,8535	1,8349	1,1688			
$K_2$ $VCx_i\% / VCe\%$	$P_2$	1,4867	8,1890	0,6358	0,2615	1,4616	0,3745	0,3415	1,8707	1,2789	1,5485	0,3285	0,2572	0,5115	0,7062	1,3014	1,1223	3,1454			
	$F_1$	15,3893	4,9899	4,3633	3,0826	29,4425	4,5584	3,8487	1,8568	5,6593	5,4447	2,2062	1,6355	6,5666	4,8689	7,2631	4,4774	10,3162			
	$P_1$	1,5246	1,0044	1,6010	2,8124	1,6144	2,7142	2,3000	0,8649	1,5574	1,2577	2,1055	2,1208	0,8536	1,7333	0,9533	2,0019	0,8276			
	$P_2$	1,6488	1,5881	0,5361	0,3343	0,4883	0,1110	0,3616	1,1300	2,1415	1,2744	0,7831	0,6482	1,8675	1,2084	1,4536	2,4478	2,2273			
	$F_1$	3,0670	1,1775	3,6793	4,0981	2,9500	1,4676	4,0757	1,1217	4,4764	4,4809	2,2062	4,1238	3,9744	2,2762	3,1125	4,7653	2,3050			

Таблица 2. Окончание  
Table 2. End

Показатели	Группы	I группа – Фенологические признаки										II группа – Ботаническое описание грозди					III группа – Ботаническое описание ягоды					IV группа – Химический состав ягоды	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
Армира P <sub>1</sub>	Признаки	-0,8000	0,6632	1,4647	2,3977	1,5692	1,9824	1,9187	0,8221	-0,0352	1,1357	1,4244	1,8510	0,1320	1,4212	0,4243	1,1674	0,5985					
	$bx_i/e_j$																						
Русалка 1 P <sub>2</sub>	Признаки	0,0160	0,0992	0,0307	0,0001	0,0049	0,0394	0,4466	0,0011	0,0189	0,0002	4,3534	0,0062	0,0028	7,6337	22,487	0,0416	0,0009					
	$S^2d$																						
Армира x Русалка 1 F <sub>1</sub>	Признаки	0,0000	0,7046	1,2983	0,8946	0,6230	-0,4379	0,9158	-0,7873	1,9600	-1,5925	1,0644	0,4909	0,1329	-0,6230	0,1039	0,7742	-0,2643					
	$bx_i/e_j$																						
$d+gd$	Признаки	2,0250	0,0685	1,9146	4,3829	7,2827	2,7000	16,17	0,4880	0,5252	0,0054	53,877	0,2179	2,4481	0,0051	2043,8	0,8040	0,3242					
	$S^2d$																						
$h+gh$	Признаки	-1,8000	-0,3367	-0,4647	-1,3977	-0,5692	-0,4824	-0,9187	0,1778	1,0352	0,1357	-0,4244	-0,8515	0,8679	0,4212	0,5756	-1,1674	1,5984					
	$b(d+gd)/e_j$																						
	Признаки	0,0160	0,0992	0,0307	0,0002	0,0049	0,0394	0,4466	0,0011	0,0189	0,0003	4,3534	0,0062	0,0028	7,6337	22,4870	0,0416	0,0009					
	$S^2d$																						
	Признаки	-1,0000	-0,2953	-1,2983	-0,1053	-0,3769	-1,4379	-0,0841	-1,7873	0,9600	-1,5925	0,0644	-0,5090	-0,8670	-1,6230	-0,8960	-0,2257	-1,2643					
	$b(h+gh)/e_j$																						
	Признаки	2,0250	0,0685	2,9146	4,3829	7,2827	2,6999	46,1700	0,0488	0,5252	0,0540	53,876	0,2179	2,4484	0,0051	20,438	0,8040	0,3242					
	$S^2d$																						

ЛЕГЕНДА: Признаки: 1 – распускание почек (дни); 2 – цветение (дни); 3 – размягчение (окрашивание) ягод (дни); 4 – распускание почек – цветение (дни); 5 – цветение – размягчение ягод (дни); 6 – размягчение (окрашивание) ягод – технологическая спелость (дни); 7 – распускание почек – технологическая спелость (дни); 8 – длина грозди (см); 9 – ширина грозди (см); 10 – индекс формы грозди; 11 – масса грозди (г); 12 – длина ягоды (мм); 13 – ширина ягоды (мм); 14 – индекс формы ягоды; 15 – масса 100 ягод (г); 16 – сахаристость (%); 17 – кислотность (г/дм<sup>3</sup>)

LEGEND: Traits: 1 – budding, days; 2 – flowering, days; 3 – berry softening (coloring), days; 4 – budding – flowering, days; 5 – flowering – berry softening (coloring) – technological maturity, days; 6 – berry softening (coloring) – technological maturity, days; 7 – budding – technological maturity, days; 8 – bunch length, cm; 9 – bunch width, cm; 10 – bunch shape index; 11 – bunch weight, g; 12 – berry length, mm; 13 – berry width, mm; 14 – berry shape index; 15 – weight of 100 berries, g; 16 – sugars, %; 17 – acids, g/dm<sup>3</sup>



**Рис. 1.** Регрессионные прямые  $b(d+gd)/e_j$ , отражающие изменчивость исследуемых признаков в комбинации скрещивания сортов Армира × Русалка 1

**Fig. 1.** Regression lines  $b(d+gd)/e_j$  showing variability of the studied traits in the cross combination Armira × Rusalka 1

Лучшей генетической и фенотипической стабильностью обладает признак 2-цв. (0,6632), у которого теоретические фенотипические значения отличаются меньшей вариабельностью (рис. 2, б). У сорта 'Русалка 1' только признак 3-рас.п.-цв. имеет относительно лучшую генетическую стабильность (0,5352), в то время как у остальных признаков этот показатель колеблется в пределах от -0,3977 до 2,8000 и значительно отклоняется от **St** (рис. 2, а, в). У поколения  $F_1$  величина этого показателя для признака 3-рас.п.-цв. равна 1,2983, и она выше, чем величина того же показателя у **St** (рис. 2, ж), в то время как у признаков 2-цв. и 4-цв.-раз.яг. он сравнительно ближе к **St** (0,7046 и 0,8946). Почти у всех признаков  $S^2d$  отличается низкими и статистически незначимыми величинами.

Сравнение фенологических признаков, связанных с периодом созревания ягод у родительских сортов, показывает, что меньшей разницей отличается признак 5-раз.яг., а большей – 7-рас.п.-тех.сп. Аддитивный параметр (**d**) самый низкий и незначимый у признака 5-раз.яг. (0,1500) и высокий у двух остальных признаков (9,200 и 20,9500) с достоверностью I ранга. Доминантные генные эффекты с достоверностью I ранга установлены у признаков 5-раз.яг. и 7-рас.п.-тех.сп. Коэффициент доминантности  $h/d$  у признака 5-раз.яг. равняется -1,6666 и обуславливает отрицательную сверхдоминантность, а у признаков 6-раз.яг.-тех.сп. и 7-рас.п.-тех.сп. – неполную доминантность (-0,3500 и 0,2700). Варiances аддитивного параметра ( $\sigma^2gd$ ) низкие, варьирующие в пределах 0,0208–1,3470, а доминантного ( $\sigma^2gh$ ) значительно более высокие – от 4,1604 до 5,5491. Фенотипические варiances ( $\sigma^2x_i$ ) признаков по средам у сорта 'Армира' находятся в интервале от 0,1366 до 6,9113, у сорта 'Русалка 1' – от 0,0133 до 0,3095 и у поколения  $F_1$  – от 2,0189 до 32,2870 – сильно выражены у признака 7-рас.п.-тех.сп. Более высокая вариабельность их фенотипических значений наблюдается у сорта 'Армира' для признаков 6-раз.яг.-тех.сп. и 7-рас.п.-тех.сп. У сорта 'Русалка 1' они низкие по всем признакам, а в поколении  $F_1$  – высокие у признаков 5-раз.яг. и 7-рас.п.-тех.сп.

Коэффициенты  $K_1$  и  $K_2$  показывают, что у сорта 'Армира' и у поколения  $F_1$  налицо дестабилизирующий эффект, а у сорта 'Русалка 1' – стабилизирующий. Коэффициенты регрессии  $b(d+gd)/e_j$  варьируют от -0,9187 до 0,4824 и обуславливают генетическую нестабильность аддитивных генов, взаимодействующих со средой. Регрессионные прямые показывают, что аддитивный теоретический параметр обладает относительно низкой вариабельностью в разных средах (рис. 1, д, е, ж), которая выражена лучше у признака 6-раз.яг.-тех.сп. Коэффициенты  $b(h+gh)/e_j$  у признаков 5-раз.яг. и 7-рас.п.-тех.сп. имеют значения -0,3769 и -0,0841 и определяют регрессионные прямые, приближающиеся к оси абсциссы, и низкую вариабельность теоретических значений доминантного параметра (**h**). Высокая генетическая нестабильность выявлена у признака 6-раз.яг.-тех.сп. (-1,4379). У признаков 5-раз.яг. и 6-раз.яг.-тех.сп. наклон регрессионных прямых приблизительно одинаковый, что свидетельствует о том, что аддитивный (**d**) и доминантный параметры (**h**) изменяются в разных средах аналогично средовому фактору ( $e_j$ ), и это благоприятно для селекционной работы.

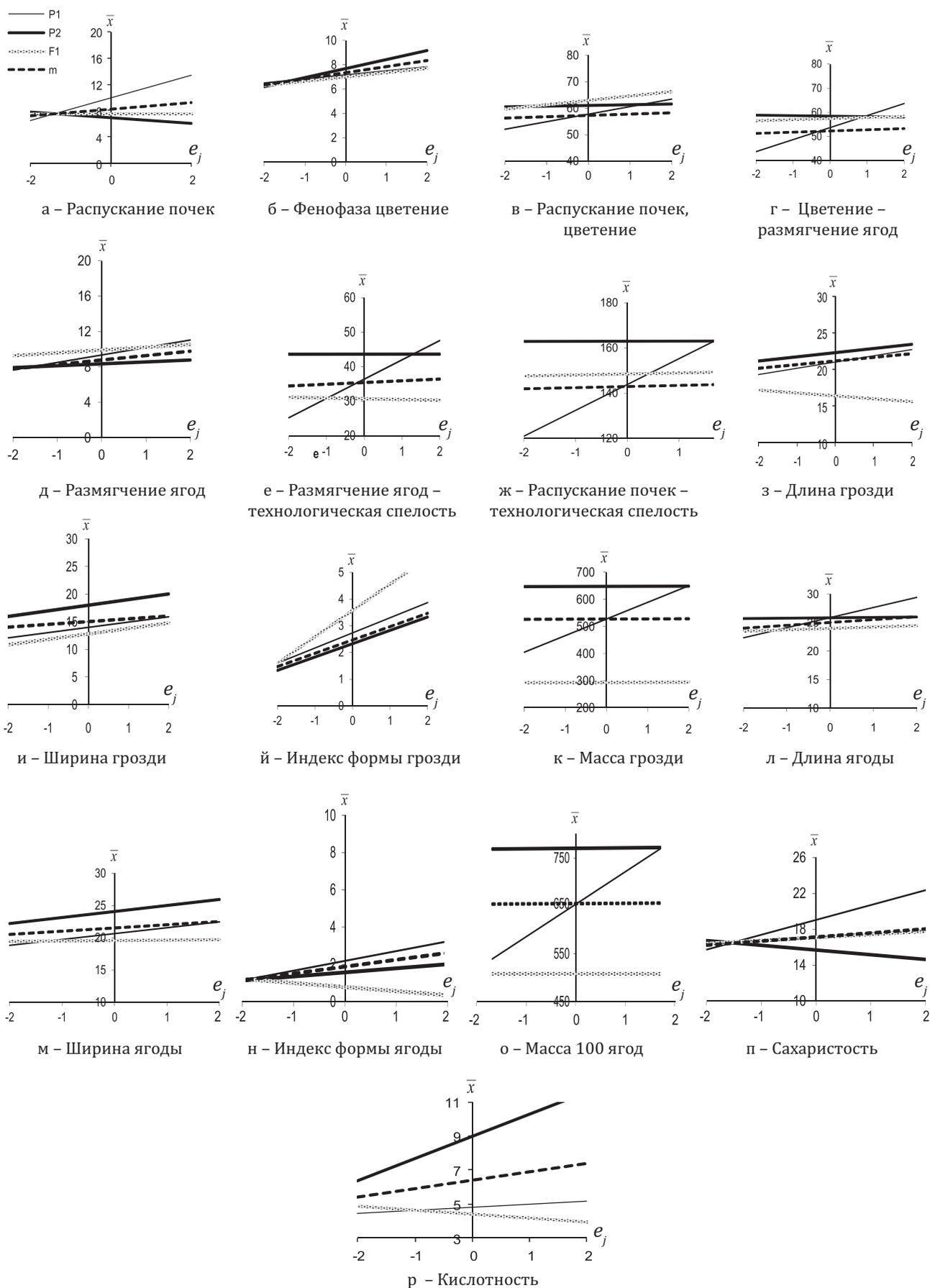
Коэффициенты регрессии  $b x_i / e_j$  признаков у сорта 'Армира' находятся в диапазоне от 1,5692 до 1,9824, и они значительно более высокие, чем коэффициенты **St**, что характеризует их как сильно изменчивые относительно

условий среды (рис. 2, д, е, ж). У сорта 'Русалка 1' эти параметры колеблются в пределах от 0,0175 до 0,4307 и обуславливают генетическую нестабильность и фенотипическую стабильность. Признаки 5-раз.яг. и 7-рас.п.-тех.сп. у поколения  $F_1$  имеют коэффициенты регрессии 0,6230 и 0,9158, которые близки к средним для сортов, и -0,4379 для признака 6-раз.яг.-тех.сп.

Значения признаков 8-дл.гр., 9-шир.гр., 10-инд.фор.гр. и 11-мас.гр., из группы признаков, связанных с ботаническим описанием грозди, у сорта 'Русалка 1' превышают значения тех же признаков у сорта 'Армира' (табл. 2). Аддитивный показатель (**d**) первых трех из них находится в пределах 0,1343–1,9403, а для 11-мас.гр. – 121,07, все с достоверностью I ранга. Доминантные генные эффекты не доказаны лишь для признака 11-мас.гр. Коэффициент доминантности находится в пределах от -1,9300 до 1,0022, причем у признаков 8-дл.гр., 9-шир.гр. и 11-мас.гр. выявлена отрицательная сверхдоминантность, а у признака 10-инд.фор.гр. – полная доминантность. Значения  $\sigma^2gd$  находятся в пределах 0,0002–0,0201 у признаков 8-дл.гр., 9-шир.гр. и 10-инд.фор.гр. и равняются 3,7779 у признака 11-мас.гр. Значительно более высокие величины  $\sigma^2gh$ , варьирующие от 0,0103 у признака 10-инд.фор.гр. до 15,9376 у признака 11-мас.гр. Варiances фенотипических значений для признаков 8-дл.гр., 9-шир.гр. и 10-инд.фор.гр. у сортов 'Армира', 'Русалка 1' и поколения  $F_1$  варьируют от 0,0004 до 0,3771, а для 11-мас.гр. равняются соответственно 12,7706, 4,5135 и 41,4285. Данные о коэффициентах  $K_1$  и  $K_2$  показывают, что наличием стабилизирующего эффекта аддитивных и доминантных генов, взаимодействующих со средой, отличаются признаки 8-дл.гр. – 'Армира', 11-мас.гр. – 'Русалка 1', и 8-дл.гр. – поколение  $F_1$ . У остальных признаков эффект дестабилизирующий.

Коэффициенты регрессии  $b(d+gd)/e_j$  признаков 8-дл.гр. и 10-инд.фор.гр. равняются соответственно 0,1778 и 0,1357; это показывает, что  $e_j \approx d$ , а их регрессионные прямые приближаются к оси абсцисс и обуславливают приблизительно одинаковые значения аддитивного параметра (**d**) (рис. 1, з, й). Коэффициент регрессии признака 9-шир.гр. равен 1,0352, причем  $gd = e_j$ , а аддитивный параметр изменяется параллельно индексу среды ( $e_j$ ). Значение этого коэффициента у признака 11-мас.гр. равняется -0,4244 с обратным наклоном регрессионной прямой (рис. 1, к). Аддитивный параметр увеличивается при ( $-e_j$ ) и уменьшается при ( $+e_j$ ), причем их теоретические значения варьируют слабо. Коэффициент регрессии  $b(h+gh)/e_j$  признака 9-шир.гр. близок к тому же коэффициенту **St** – 0,9600, а у остальных признаков варьирует в широком интервале от 0,0644 для 11-мас.гр. до -1,5925 и -1,7873 для 10-инд.фор.гр. и 8-дл.гр. Это означает, что данные признаки характеризуются высокой генетической нестабильностью.

Коэффициенты регрессии  $b x_i / e_j$  признаков 8-дл.гр. и 10-инд.фор.гр. у сорта 'Армира' равняются соответственно 0,8221 и 1,1357; они близки к тем же коэффициентам **St** (рис. 2, з, й). Значение того же показателя у признака 11-мас.гр. равняется 1,4244 и характеризует признак как сильно изменчивый (рис. 2, к). У признака 9-шир.гр. этот показатель равняется -0,0352, и его теоретические значения почти одинаковы в разных средах (рис. 2, и). Величины степени изменчивости признаков 8-дл.гр. и 9-шир.гр. грозди у сорта 'Русалка 1' – 1,1778 и 2,0352, и они превышают значения степени изменчивости стандарта (рис. 2, з, и). Значительные отклонения ис-



**Рис. 2** Регрессионные прямые ( $bx_i/e_j$ ), отражающие изменчивость исследуемых признаков в P1, P2 и поколении F1 у комбинации скрещивания сортов винограда Армира × Русалка 1

**Fig. 2.** Regression lines ( $bx_i/e_j$ ) showing variability of the studied traits in P1, P2 and F1 of the cross combination between the grapevine cultivars Armira × Rusalka 1

следуемого показателя выявлены в поколении  $F_1$ . Сильнее всего реагируют на условия среды признаки 9-шир. гр. с коэффициентом 1,9600, 10-инд.фор.гр. (-1,5925), и 8-дл.гр. (-0,7873). Близки к стандарту с высокой стабильностью данные значения у признака 11-мас.гр. - 1,0644. У родительских сортов и у поколения  $F_1$  анализируемые признаки отличаются статистической незначимостью  $S^2d$ , выражающего стабильность.

Данные о ботаническом описании ягоды показывают, что средние значения сорта 'Русалка 1' выше средних значений сорта 'Армира', в силу чего аддитивный параметр для признака 15-мас.100яг. равняется 114,85, а у остальных находится в интервале от 0,0141 до 1,6913 и обладает значимостью I и III рангов (см. табл. 2). Коэффициент ( $h/d$ ) у признака 15-мас.100яг. равняется -1,260 и обуславливает отрицательную сверхдоминантность, а для остальных характерна неполная доминантность при наследовании. Варiances  $\sigma^2gd$  и  $\sigma^2gh$  признаков 12-дл.яг., 13-шир.яг. и 14-инд.фор.яг. относительно низкие - от 0,0004 до 1,6345, а признака 15-мас.100яг. - 26,347 и 1390,0. Признак 15-мас.100яг. отличается нестабильными и сильно выраженными эффектами аддитивных и доминантных генов, взаимодействующих со средой, что оказывает влияние и на фенотипическую изменчивость остальных признаков.

Согласно значениям  $\sigma^2x_i$  и  $VCx_i\%$ , очень высокую стабильность проявляют признаки 12-дл.яг., 13-шир.яг. и 14-инд.фор.яг., а 15-мас.100яг. значительно более изменчив у родительских сортов. В поколении  $F_1$  все признаки отличаются более высокими значениями, очень хорошо выраженными относительной стабильностью  $VCx_i\%$ , которая находится в пределах 1,6355-7,2631. Аддитивные гены, взаимодействующие со средой, у сорта 'Армира' оказывают дестабилизирующий эффект на признаки 12-дл.яг. и 14-инд.фор.яг. с коэффициентами  $K_1 > 1$ ,  $K_2 > 1$  и стабилизирующий - на признаки 13-шир.яг. и 15-мас.100яг. У сорта 'Русалка 1' этот эффект является стабилизирующим для признака 12-дл.яг. и дестабилизирующим - для остальных признаков. Для всех признаков поколения  $F_1$  он является дестабилизирующим.

Значения  $b(d+gd)/e_j$  у признаков 13-шир.яг., 14-инд.фор.яг. и 15-мас.100яг. меньше единицы - от 0,4212 до 0,8679, и эффект аддитивных генов, взаимодействующих со средой, ниже, чем у  $St$ . Регрессионные прямые имеют восходящий и относительно более слабый наклон, что обуславливает и меньшую изменчивость (рис. 1, м, н, о). Величина этого показателя у признака 12-дл.яг. составляет -0,8515, и он определяет нисходящую регрессионную прямую с относительно высокой изменчивостью аддитивного параметра (рис. 1, л). Коэффициенты регрессии  $b(h+gh)/e_j$  находятся в диапазоне от -1,6230 до -0,5090 и характеризуют эффект доминантных генов, взаимодействующих со средой, как нестабильный. У них обратный наклон, выраженный сильнее у признаков 14-инд.фор.яг. и 15-мас.100яг. (рис. 1, н, о). Доминантный параметр у этих признаков сильно изменчивый и обуславливает высокую амплитуду различий по средам. Показатель  $S^2d$  статистически значим при  $b(d+gd)/e_j$  только у признака 14-инд.фор.яг., а при  $b(h+gh)/e_j$  - у признаков 13-шир.яг., 14-инд.фор.яг. и 15-мас.100яг.

Коэффициенты  $bx_i/e_j$  у сорта 'Армира' для признаков 13-шир.яг. и 15-мас.100яг. значительно меньше единицы - 0,1320 и 0,4243, а эффекты взаимодействия «генотип - среда» меньше эффекта «среда». Регрессионные

прямые имеют восходящий наклон с относительно небольшими угловыми коэффициентами, и теоретические фенотипические значения предполагают слабую изменчивость признаков относительно средних значений родителей (рис. 2, м, о). У признаков 12-дл.яг. и 14-инд.фор.яг. они значительно выше  $St=1$  - соответственно 1,8510 и 1,4212, что характеризует их как сильно изменчивые (рис. 2, л, н). Значения этого показателя у сорта 'Русалка 1' для тех же двух признаков ниже - 0,1489 и 0,5787, с восходящими регрессионными прямыми и более слабым наклоном, чем у  $St$ . Коэффициенты регрессии у признаков 13-шир.яг. и 15-мас.100яг. - 1,8679 и 1,5756 - сильно отклоняются от  $St$ , чем обусловлено наличие генетической и фенотипической изменчивости. У обоих родительских сортов значения  $S^2d$  достоверны только для признака 14-инд.фор.яг. Коэффициенты регрессии в поколении  $F_1$  у признаков 12-дл.яг., 13-шир.яг. и 15-мас.100яг. значительно ниже  $St$  (0,4909, 0,1329 и 0,1039), с регрессионными прямыми, приближающимися к оси абсциссы, и определяют генетическую нестабильность и слабую изменчивость фенотипических значений (рис. 2, л, м, о). У признака 14-инд.фор.яг. коэффициент регрессии равен -0,6230 и наклон регрессионной прямой обратный. Статистической значимостью  $S^2d$  и подчеркнутой нестабильностью обладают признаки 13-шир.яг., 14-инд.фор.яг. и 15-мас.100яг.

Аддитивный параметр ( $d$ ) у признака 16-сах. (%) равняется 0,5018 и имеет значимость I ранга, а при его наследовании наблюдается неполное доминирование в сторону сорта 'Русалка 1' -  $h/d=0,3300$ . Аддитивные и доминантные гены, взаимодействующие со средой, характеризуются низкими вариансами со значениями 0,0537 и 0,5362 соответственно. Фенотипическая стабильность, выраженная вариансами  $\sigma^2x_i$  и коэффициентами вариации ( $VCx_i\%$ ), у обоих родительских сортов относительно низкая, но у поколения  $F_1$  она значительно более высокая. Эффект, выраженный коэффициентами  $K_1$  и  $K_2$ , является дестабилизирующим у родительских сортов и поколения  $F_1$ . Значения коэффициентов регрессии  $b(d+gd)/e_j$  (-1,1674) и  $b(h+gh)/e_j$  (-0,2257) показывают, что генетический аддитивный параметр  $gd$  сильно изменчив и обуславливает высокую вариабельность теоретически ожидаемого аддитивного параметра  $d$ , а доминантный  $h$  обладает низкой вариабельностью в разных средах (рис. 1, п). Коэффициенты регрессии  $bx_i/e_j$  для сортов 'Армира' и 'Русалка 1' - 1,1674 и 2,1674 - характеризуют их как сильно изменчивые. У поколения  $F_1$  он равняется 0,7742 и означает, что генотип-средовой параметр  $gh$  представляет  $h$  более слабо вариабельным в разных средах (рис. 2, п).

У признака 17-кисл. ( $g/dm^3$ ) аддитивный параметр ( $d$ ) имеет значение 0,9504 и имеет достоверность I ранга, а наследование, выраженное  $h/d = -0,9400$ , - неполное доминантное, ближе к сорту 'Русалка 1'. Варiances  $\sigma^2gd$  и  $\sigma^2gh$  равняются соответственно 0,0155 и 0,2254. Фенотипические варiances  $\sigma^2x_i$  сорта 'Армира' - 0,0027, сорта 'Русалка 1' - 0,0399 и поколения  $F_1$  - 0,2165, что означает, что показатели взаимодействия «генотип - среда»  $gd$  и  $gh$  относительно слабо выражены у этого признака. Параметры  $K_1$  и  $K_2$  показывают стабилизирующий эффект у сорта 'Армира' (0,4655 и 0,8276) и дестабилизирующий - у сорта 'Русалка 1' (3,8793 и 2,2273) и поколения  $F_1$  (3,3275 и 2,3050). Коэффициент регрессии  $b(d+gd)/e_j$  равняется 1,5984 и определяет признак как изменчивый с высокой вариабельностью аддитивного параметра

в разных условиях среды (рис. 1, р). Для  $b(h + gh)/e_j$  значение  $-1,2643$ , а теоретически ожидаемый доминантный параметр (**h**) высок при низких уровнях показателя влияния среды  $e_j$  и наоборот. Эти данные выявляют высокую изменчивость доминантного параметра **h** в разных средах, где регрессионная прямая имеет сильный наклон. Коэффициент регрессии  $bx_i/e_j$  у сорта 'Армира' (0,5985), указывает на относительно хорошую генетическую и фенотипическую стабильность, у сорта 'Русалка 1' он равен 2,5985 и выражает сильную изменчивость в обоих аспектах, а у поколения  $F_1$  он равен  $-0,2643$ , что говорит о фенотипической стабильности ожидаемых теоретических значений признака (рис. 2, р).

Сравнительный анализ полученных данных о коэффициенте **d/m%** показывает, что его относительно низ-

кими значениями отличаются признаки 2-цв., 5-раз.яг., 8-дл.гр. и 16-сах., а высокими – 4-цв.-раз.яг., 6-раз.яг.-тех.сп., 7-рас.п.-тех.сп., 9-шир.гр., 11-мас.гр., 15-мас.100яг. и 17-кисл. (рис. 3). Величины **h/d** указывают на то, что у признака 10-инд.фор.гр. наблюдается в небольшой степени положительный гетерозисный эффект. По признакам 9-шир.гр., 11-мас.гр. и 15-мас.100яг. – отрицательная сверхдоминантность и отрицательный гетерозис, а у остальных признаков – неполная доминантность (рис. 4). В зависимости от уровней  $K_1$  и  $K_2$  у сорта 'Армира', стабилизирующий эффект наблюдается у признаков 8-дл.гр., 13-шир.яг., 15-мас.100яг. и 17-кисл., а дестабилизирующий – у всех остальных (рис. 5). У сорта 'Русалка 1' стабилизирующий эффект лучше всего выражен у признаков 3-рас.п.-цв., 4-цв.-раз.яг., 5-раз.яг., 6-раз.яг.-тех.

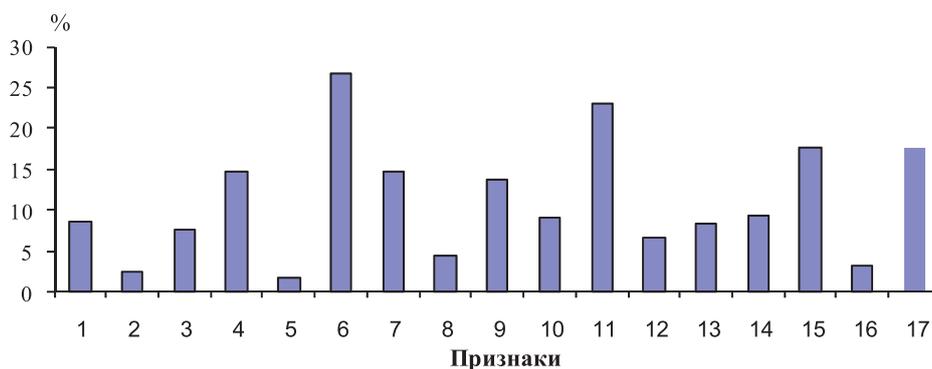


Рис. 3. Коэффициенты d/m% – Армира × Русалка 1

Fig. 3. Armira × Rusalka 1: d/m% ratios

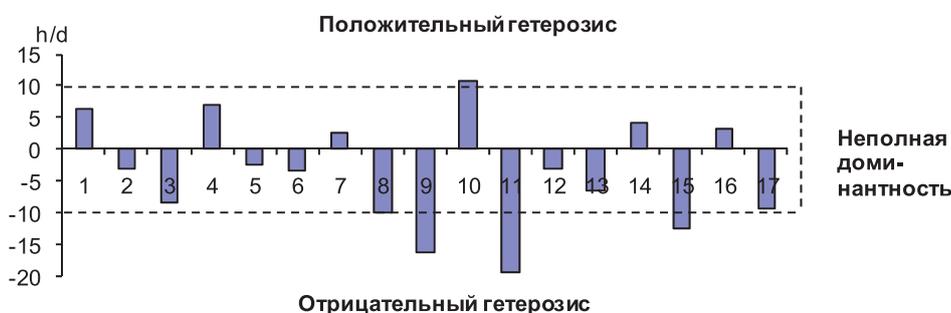


Рис. 4. Степень доминантности (h/d) для поколения  $F_1$  – Армира × Русалка 1

Fig. 4. Armira × Rusalka 1: degree of dominance (h/d) for  $F_1$

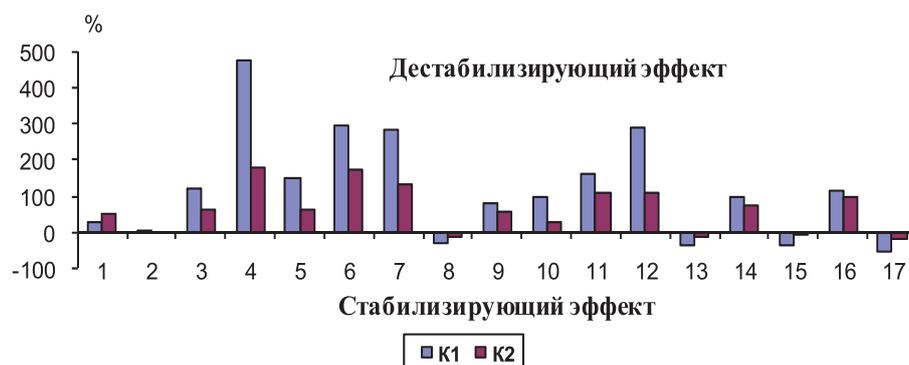


Рис. 5. Коэффициенты стабилизации и дестабилизации ( $K_1$ ,  $K_2$ ) у сорта 'Армира'

Fig. 5. Stabilization and destabilization coefficients ( $K_1$ ,  $K_2$ ) for cv. 'Armira'

сп., 7-рас.п.-тех.сп. и 12-дл.яг. У других признаков эффект дестабилизирующий, сильнее выраженный у 1-рас.п., 2-цв., 9-шир.гр., 13-шир.яг., 15-мас.100яг., 16-сах. и 17-кисл. (рис. 6). В поколении  $F_1$  дестабилизирующий эффект проявляется сильно почти у всех признаков (рис. 7).

Коэффициенты регрессии  $b_{x_i}/e_j$  указывают на то, что у сорта 'Армира' относительно стабильными можно считать признаки 3-рас.п.-цв., 5-раз.яг., 11-мас.гр. и 12-дл.яг. (рис. 8). У остальных изменчивость по средам от-

носительно  $St$  значительна и эффекты аддитивных и доминантных генов, взаимодействующих со средой, оказывают сильное влияние на их фенотипические проявления. У сорта 'Русалка 1' сильно нестабильными являются признаки 1-рас.п., 9-шир.гр., 13-шир.яг., 16-сах. и 17-кисл., а стабильными, с регрессионными коэффициентами, близкими к  $St$ , – признаки 2-цв., 8-дл.гр., 10-инд.фор.гр., 11-мас.гр. и 14-инд.фор.яг. Стабильными фенотипическими значениями обладают признаки

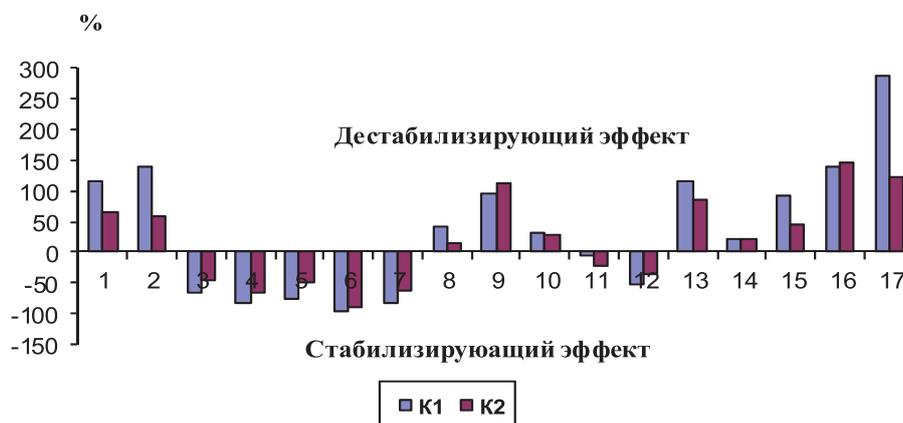


Рис. 6. Коэффициенты стабилизации и дестабилизации ( $K_1$ ,  $K_2$ ) у сорта 'Русалка 1'

Fig. 6. Stabilization and destabilization coefficients ( $K_1$ ,  $K_2$ ) for cv. 'Rusalka 1'

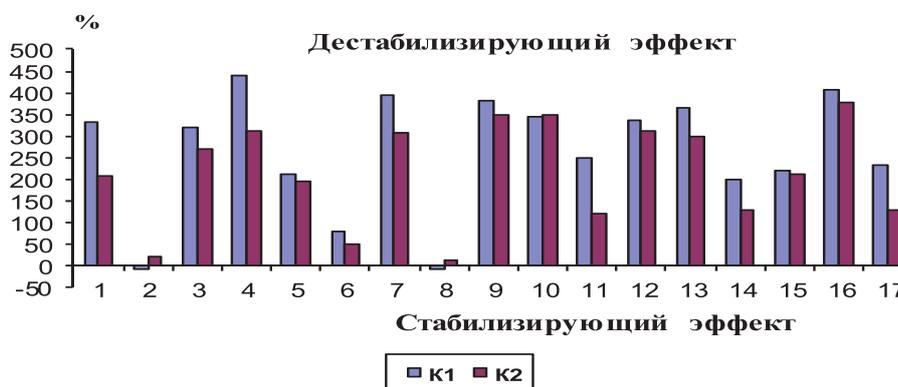


Рис. 7. Коэффициенты стабилизации и дестабилизации ( $K_1$ ,  $K_2$ ) у поколения  $F_1$  (Армира × Русалка 1)

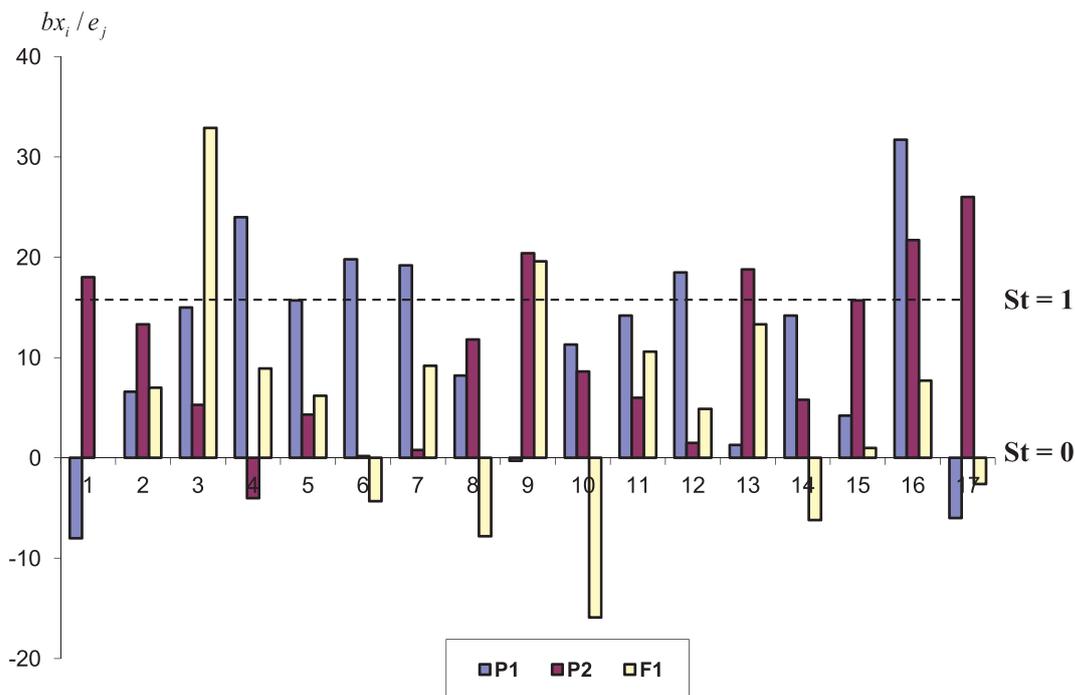
Fig. 7. Stabilization and destabilization coefficients ( $K_1$ ,  $K_2$ ) for  $F_1$  (Armira × Rusalka 1)

5-раз.яг., 6-раз.яг.-тех.сп., 7-рас.п.-тех.сп. и 12-дл.яг. В поколении  $F_1$  стабильны признаки 2-цв., 4-цв.-раз.яг., 7-рас.п.-тех.сп., 11-мас.гр., 13-шир.яг. и 16-сах. Фенотипической стабильностью признака, при которой этот показатель обладает значениями, близкими к нулю, отличаются 1-рас.п., 6-раз.яг.-тех.сп., 12-дл.яг., 14-инд.фор.яг., 15-мас.100яг. и 17-кисл.

За исключением признака 2-цв., наследуемость у сорта 'Русалка 1' низкая по всем остальным признакам (рис. 9). Бóльшими величинами этого показателя у сорта 'Армира' отличаются признаки 1-рас.п., 2-цв., 3-рас.п.-цв., 4-цв.-раз.яг., 6-раз.яг.-тех.сп. и 7-рас.п.-тех.сп.. Очень высокие значения  $h^2$  в поколении  $F_1$  имеют признаки 1-рас.п., 2-цв., 3-рас.п.-цв., 4-цв.-раз.яг., 6-раз.яг.-тех.сп., 12-дл.яг. и 13-шир.яг., 14-инд.фор.яг., 15-мас.100яг., 16-сах. и 17-кисл.

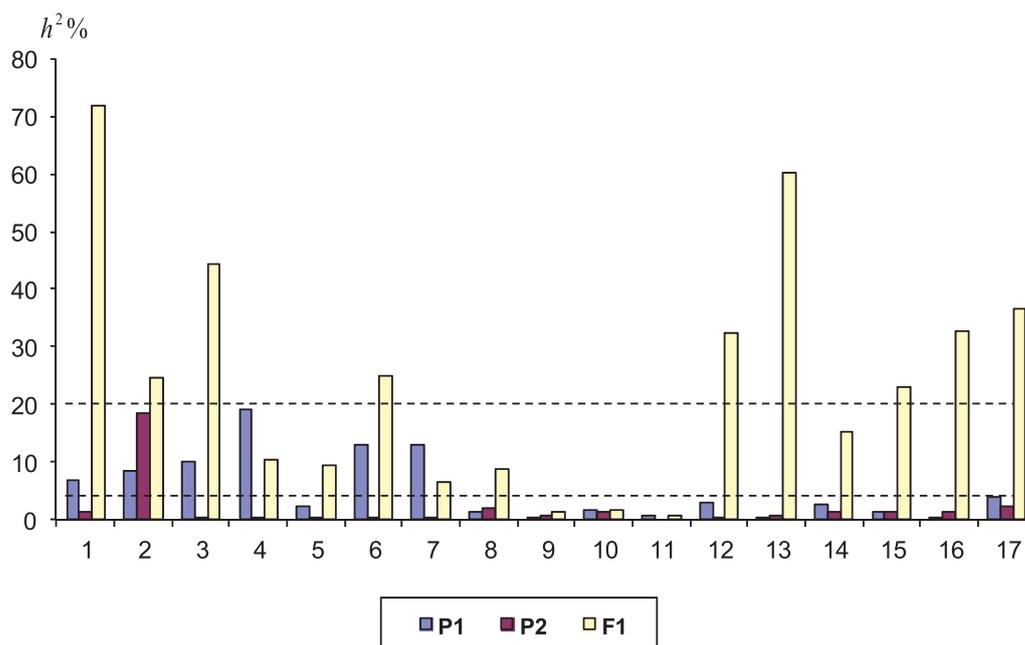
## Выводы

1. Селекционная ценность признаков, связанных с начальными фазами развития в комбинации скрещивания сортов Армира × Русалка 1, почти одинаковая, в то время как у остальных сортов имеются существенные различия, которые могут быть успешно использованы при создании новых бессемянных и семенных сортов винограда. Отбор элитных гибридных форм будет более эффективным по признакам «цветение – размягчение ягод», «размягчение ягод – технологическая спелость», «масса грозди», «масса 100 ягод» и «кислотность». При наследовании большинства из них преобладает неполная доминантность, преимущественно в сторону родительского сорта, обладающего более низкими значениями.



**Рис. 8.** Коэффициенты регрессии  $b_{(x_i/e_j)}$  P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> и поколения F<sub>1</sub> (Армира × Русалка 1)

**Fig. 8.** Regression coefficients  $b_{(x_i/e_j)}$  in P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> and F<sub>1</sub> (Armira × Rusalka 1)



**Рис. 9.** Наследуемость ( $h^2$ ) исследуемых признаков у P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> и поколения F<sub>1</sub> (Армира × Русалка 1)

**Fig. 9.** Heritability ( $h^2$ ) of the studied traits in P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> and F<sub>1</sub> (Armira × Rusalka 1)

ЛЕГЕНДА: Признаки: 1 – распускание почек (дни); 2 – цветение (дни); 3 – размягчение (окрашивание) ягод (дни); 4 – распускание почек – цветение (дни); 5 – цветение – размягчение ягод (дни); 6 – размягчение (окрашивание) ягод – технологическая спелость (дни); 7 – распускание почек – технологическая спелость (дни); 8 – длина грозди (см); 9 – ширина грозди (см); 10 – индекс формы грозди; 11 – масса грозди (г); 12 – длина ягоды (мм); 13 – ширина ягоды (мм); 14 – индекс формы ягоды; 15 – масса 100 ягод (г); 16 – сахаристость (%); 17 – кислотность (г/дм<sup>3</sup>)

LEGEND: Traits: 1 – budding, days; 2 – flowering, days; 3 – berry softening (coloring), days; 4 – budding – flowering – berry softening (coloring) – technological maturity, days; 5 – flowering – berry softening (coloring) – technological maturity, days; 6 – budding – technological maturity, days; 7 – budding – technological maturity, days; 8 – bunch length, cm; 9 – bunch width, cm; 10 – bunch shape index; 11 – bunch weight, g; 12 – berry length, mm; 13 – berry width, mm; 14 – berry shape index; 15 – weight of 100 berries, g; 16 – sugars, %; 17 – acids, g/dm<sup>3</sup>

2. У значительной части признаков генетическая стабильность аддитивного параметра, взаимодействующего со средой, варьирует в различной степени относительно взаимодействия «генотип – среда», но различия относительно близки к контролю. Исследуемая комбинация скрещивания характеризуется хорошей генетической устойчивостью, так как доминантные генные взаимодействия со средой протекают значительно более интенсивно по сравнению с аддитивными. За небольшими исключениями, значения вариационных коэффициентов значительно превышают контроль, и этот эффект дестабилизирующий.

3. Наследуемость в поколении  $F_1$  отличается очень высокими значениями у признаков «распускание почек», «цветение», «распускание почек – цветение», «цветение – размягчение ягод», «размягчение ягод – технологическая спелость», «длина ягоды», «ширина ягоды», «масса 100 ягод», «сахаристость» и «кислотность». В зависимости от генетической стабильности доминантного параметра, взаимодействующего со средой, можно произвести сравнительную оценку для каждого признака и соответственно селекционной цели отобрать элитные гибридные растения, сочетающие важнейшие хозяйственные признаки.

#### References/Литература

- Allard R.W., Bradshaw A.D., Implication of genotype–environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 1964;4:503-508.
- Comstock R.E., Moll R.H., Genotype–environment interactions. In: W.D. Hanson, H.F. Robinson (eds). *Statistical Genetics and Plant Breeding*. Washington DC: NAS–NRC; 1963. p.164-196.
- Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966;6(1):36-40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
- Fedin M.A., Silis D.Y., Smiryaev A.V. Statistical methods of genetic analysis (Statisticheskiye metody geneticheskogo analiza). Moscow: Kolos; 1980. [in Russian] (Федин М.А., Силис Д.Я., Смиряев А.В. Статистические методы генетического анализа. Москва: Колос; 1980).
- Finlay K.W., Wilkinson G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Austr. J. Agric. Res.* 1963;14(6):742-754. DOI: 10.1071/AR9630742
- Freeman G.H., Statistical methods for the analysis of genotype–environment interaction. *Heredity.* 1973;31(3):339-354. DOI: 10.1038/hdy.1973.90
- Freeman G.H., Perkins J.M. Environmental and genotype–environmental components of variability VIII. Relation between genotypes grown in different environments and measures of these environments. *Heredity.* 1971;27:15-23. DOI: 10.1038/hdy.1971.67
- Hill J., Genotype–environment interaction – a challenge for plant breeding. *J. Agric. Sci.* 1975;85(3):477-493. DOI: 10.1017/S0021859600062365
- Kearsey M.J. Biometrical genetics in breeding. In: M.D. Hayward, N.O. Bosermark, I. Romagosa (eds). *Plant Breeding: Principles and prospects*. London: Chapman & Hall; 1993. p.163-183.
- Khotyleva L.V., Tarutina L.A. Interaction of genotype and environment (Assessment methods) (Vzaimodeystviye genotipa i sredy [Metody otsenki]). Minsk: Nauka i tekhnika; 1982. [in Russian] (Хотылева Л.В., Тарутина Л.А., Взаимодействие генотипа и среды (Методы оценки). Минск: Наука и техника; 1982).
- Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. A method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, through the differentiating environmental influence. Communication I. Justification of the method (Metod otsenki adaptivnoy sposobnosti i stabilnosti genotipov, differentsiruyushchey sposobnosti sredy. Soobshcheniye I. Obosnovaniye metoda). *Russian Journal of Genetics.* 1985;21(9):1481-1490. [in Russian] (Кильчевский А. В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение I. Обоснование метода. *Генетика.* 1985;21(9):1481-1490).
- Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Genotype and environment in plant breeding (Genotip i sreda v selektsii rasteniy). Minsk: Nauka i tekhnika; 1989. [in Russian] (Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Генотип и среда в селекции растений. Минск: Наука и техника; 1989).
- Lakin G.F. Biometrics (Biometriya). Moscow: Vysshaya shkola; 1990. [in Russian] (Лакин Г.Ф. Биометрия. Москва: Высшая школа; 1990).
- Mather K., Caligari P.D. Genotype × environment interactions. IV. The effect of the background genotype. *Heredity.* 1976;36(1):41-48. DOI: 10.1038/hdy.1976.4
- Mather K., Jinks J.L. Biometrical Genetics: The study of continuous variations. New York: Cornell University Press; 1971. DOI: 10.1002/bimj.19730150511
- Moreno-González J. Selection strategies and choice of breeding methods. In: M.D. Hayward, N.O. Bosermark, I. Romagosa (eds). *Plant Breeding: Principles and prospects*. London: Chapman & Hall; 1993. p.281-313.
- Moreno-González J., Cubero J.I., Choice of environments in reciprocal recurrent selection programs. *Theor Appl Genet.* 1986;71(4):652-656. DOI: 10.1007/BF00264271.
- Perkins J.M., Jinks J.L. Environmental and genotype–environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. *Heredity.* 1968;23:339-356. DOI: 10.1038/hdy.1968.48
- Perkins J.M., Jinks J.L. Environmental and genotype–environmental components of variability IV. Non-linear interactions for multiple inbred lines. *Heredity.* 1968;23:525-535. DOI: 10.1038/hdy.1968.71
- Perkins J.M., Jinks J.L. Specificity of the interaction of genotypes with contrasting environments. *Heredity.* 1971;26(3):463-474.
- Perkins J.M., Jinks J.L. The assessment and specificity of environmental and genotype–environmental components of variability. *Heredity.* 1973;30(2):111-126. DOI: 10.1038/hdy.1973.16
- Rokitsky P.F. Biological statistics (Biologicheskaya statistika). 3rd ed. Minsk: Vysheyshaya shkola; 1973. [in Russian] (Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. 3-е изд. Минск: «Вышэйшая школа»; 1973).
- Roychev R. Ampelography. Plovdiv: Agricultural University Academic Publishers; 2012. [in Bulgarian] (Ройчев В. Ампелография. Пловдив: Академично издателство на Аграрен Университет-Пловдив; 2012).
- Roychev R. Students' guide to ampelography. Plovdiv: Agricultural University Academic Publishers; 2014. [in Bulgarian] (Ройчев В. Ръководство за упражнения по ампелография. Академично издателство на Аграрен Университет-Пловдив; 2014).
- Savchenko V.K. Genetic analysis in network test crosses (Geneticheskiy analiz v setevykh probnykh skreshchivaniyakh). Minsk: Nauka i tekhnika; 1984. [in Russian] (Савченко В.К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях. Минск: Наука и техника; 1984).

**Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities**

Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The author declares the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

**Для цитирования/How to cite this article**

Ройчев В. Взаимодействия «генотип – среда» и наследование количественных признаков в комбинации скрещивания семенного и бессемянного сортов винограда (*Vitis vinifera* L.). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(4):99-112. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-99-112  
Roychev V. Genotype–environment interactions and inheritance of quantitative traits in a hybrid combination between seeded and seedless grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.). Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2019;180(4):99-112. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-99-112

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work

**Дополнительная информация/Additional information**

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-4-99-112>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Автор одобрил рукопись/Author approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest