

ОСОБЕННОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ У ГИБРИДОВ ГОРОХА F_1 И F_2

Ф. А. Давлетов¹, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и первичного семеноводства зернобобовых и крупяных культур, davletovfa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7421-869X;

К. П. Гайнуллина^{2,3}, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории геномики растений, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кормовых и зерновых культур, karina28021985@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6246-1214;

А. М. Дмитриев⁴, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, селекции растений и биотехнологии, dmitriev-bgau@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1596-7372;

Е. В. Бадамшина¹, кандидат технических наук, старший научный сотрудник аналитической лаборатории, evbadamshina@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-0788-7260

¹Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук,

450059, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Рихарда Зорге, д. 19;

²Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450054, Республика Башкортостан, г. Уфа, проспект Октября, д. 71/1Е;

³Опытная станция «Уфимская» – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук,

450535, Республика Башкортостан, Уфимский район, с. Чернолесовский, ул. Тополиная, д. 1;

⁴Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34

Основным резервом увеличения производства зерна гороха является создание новых высокоурожайных сортов. При этом основным инструментом выступает внутривидовая гибридизация, однако закономерности наследования гибридами ряда хозяйственно ценных признаков все еще недостаточно изучены. Цель работы – установить характер наследования признаков продуктивности у гибридов гороха. Опыты проводили в 2020–2022 годах. Объектом исследования послужили 8 гибридных комбинаций гороха F_1 и F_2 . Оценку коллекционного и гибридного материала выполняли в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания (2019). Анализ расщепления у гибридов гороха F_1 выявил различные типы наследования изучаемых количественных признаков: от гибридной депрессии до сверхдоминирования. По высоте растения степень доминирования (h_p) варьировала от 0 до 3,00, по числу бобов на растении – от –0,50 до 3,00, по числу семян в бобе – от –1,67 до 4,00, по массе 1000 семян – от 0,20 до 0,44. Гибридологический анализ растений гороха F_2 по признаку «высота растения» в четырех гибридных комбинациях выявил неполное отрицательное доминирование (h_p от –0,20 до –0,43), в четырех – неполное доминирование (h_p от 0,60 до 0,69). По числу бобов на растении в двух гибридных комбинациях наблюдалось полное доминирование ($h_p = 1,00$), в одной – неполное доминирование ($h_p = 0,35$), в пяти – неполное отрицательное доминирование (h_p от –0,50 до –0,71). Признак «масса 1000 семян» во всех гибридных комбинациях наследовался по типу неполного доминирования (h_p от 0,10 до 0,16). По числу семян в бобе в четырех гибридных комбинациях было выявлено неполное доминирование (h_p от 0,67 до 0,83), в одной – неполное отрицательное доминирование ($h_p = –0,50$), в трех – полное отрицательное доминирование ($h_p = –0,00$).

Ключевые слова: горох, гибридная комбинация, наследование, количественные признаки, гетерозис.

Для цитирования: Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П., Дмитриев А. М., Бадамшина Е. В. Особенности наследования признаков продуктивности у гибридов гороха F_1 и F_2 // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 21–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-21-28.



INHERITANCE FEATURES OF PRODUCTIVITY TRAITS IN PEA HYBRIDS F_1 AND F_2

F. A. Davletov¹, Doctor of Agricultural Sciences, head of the laboratory for legume and grain crop breeding and primary seed production, davletovfa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7421-869X;

K. P. Gainullina^{2,3}, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for feed and grain crop breeding and seed production, senior researcher of the laboratory for plant genomics, karina28021985@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6246-1214;

A. M. Dmitriev⁴, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of plant production, plant breeding and biotechnologies, dmitriev-bgau@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1596-7372;

E. V. Badamshina¹, Candidate of Technical Sciences, senior researcher of the laboratory for analytics, evbadamshina@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-0788-7260

¹Bashkiria RIA, separate structural unit of the FSBSI Ufa Federal Research Center RAS, 450059, Ufa, Rikhard Zorge Str., 19;

²Institute of Biochemistry and Genetics, separate structural unit of the FSBSI Ufa Federal Research Center of RAS, 450054, Republic of Bashkortostan, Ufa, Oktyabr Av., 71/ 1E;

³Experimental station "Ufimskaya", separate structural unit of the FSBSI Ufa Federal Research Center of RAS, 450535, Republic of Bashkortostan, Ufa district, v. of Chernolesovsky, Topolinaya Str., 1;

⁴FSBEI HE "Bashkirsky State Agricultural University", 450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letie Oktyabrya Str., 34

The main reserve for improving of pea grain production is the development of new highly productive varieties. In this case, intraspecific hybridization is the main tool, but the patterns of inheritance by hybrids of several economically valuable traits are still insufficiently studied. The purpose of the current work was to establish the inheritance nature of productivity traits in pea hybrids. The trials were carried out in 2020–2022. The objects of the study were 8 pea hybrid combinations F_1 and F_2 . The estimation of the collection and hybrid material was carried out in accordance with the Methodology of the State Variety Testing (2019). Segregation analysis in F_1 pea hybrids has revealed different types of inheritance of the studied quantitative traits, from hybrid depression to overdominance. According to 'plant height', the dominance degree (h_p) varied from 0 to 3.00. According to 'number of pods per plant' it varied from –0.50 to 3.00. According to 'number of beans per pod' it varied from 1.67 to 4.00. According to '1000-seed weight' it varied from 0.20 to 0.44. Hybridological analysis of F_2 pea plants based on 'plant height' in 4 hybrid combinations has revealed incomplete negative dominance (h_p from –0.20 to –0.43), in 4 hybrid combinations it was incomplete dominance (h_p from 0.60 to 0.69). According to 'number of pods per plant', two hybrid combinations have shown complete dominance ($h_p = 1.00$), one hybrid combination has shown incomplete dominance ($h_p = 0.35$), five hybrid combinations have shown incomplete negative dominance (h_p from –0.50 to –0.71). The trait '1000-seed weight' in all hybrid combinations was inherited according to the type of incomplete dominance (h_p from 0.10 to 0.16). According to 'number of beans per pod', four hybrid combinations have shown incomplete dominance (h_p from 0.67 to 0.83); one hybrid combination has shown incomplete negative dominance ($h_p = -0.50$); three hybrid combinations have shown complete negative dominance ($h_p = -1.00$).

Keywords: peas, hybrid combination, inheritance, quantitative traits, heterosis.

Введение. Горох – наиболее распространенная зернобобовая культура в России, которую возделывают на продовольственные и кормовые цели. В посевах бобовых его доля достигает 80 %, однако урожайность гороха невысокая и нестабильная по годам (Костерин, 2015; Гайнуллина и др., 2020). Значительная роль в увеличении валовых сборов зерна гороха принадлежит селекции и семеноводству новых сортов (Хабибуллин и др., 2020; Ауиров et al., 2019). Это особенно актуально в условиях Республики Башкортостан, где возделываемые сорта недостаточно адаптивны к абиотическим факторам среды и неустойчивы к болезням и вредителям (Давлетов и др., 2022).

Основным методом селекции является внутривидовая гибридизация, однако создание новых сортов гороха с использованием данного метода встречает ряд трудностей, связанных с недостаточной изученностью вопросов, касающихся выяснения закономерностей наследования отдельных хозяйственно ценных признаков гибридами и определения степени влияния наследственных особенностей родительских форм на проявление этих признаков у гибридных особей (Сухенко и др., 2021). В связи с этим целью нашей работы стало выяснение закономерностей наследования основных признаков продуктивности у гибридов гороха.

Материалы и методы исследований.

Материалом для исследования послужили гибриды гороха F_1 и F_2 , полученные при скрещивании сортов Чишминский 80, Чишминский 95, Чишминский 229, Памяти Хангильдина, Тюменец, Омский 18, Арендатор, Флагман 9, К-8714 (Адыгея) и линий Л-29070, Л-29724.

Подбор родительских пар проводили среди соотобразцов с одинаковой и различной степенью выраженности хозяйственно ценных признаков.

Полевые опыты проводили на полях первого селекционного севооборота Чишминского селекционного центра по растениеводству Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН в 2020–2022 годах. Почва опытного участка представлена карбонатным черноземом средней мощности, по механическому составу – среднесуглинистая иловато-песчаная, по кислотности – нейтральная (pH = 7,0). В верхнем слое почвы содержится 8,2 % гумуса, 0,4 % общего азота. На 100 г почвы приходится 42,0 мг подвижного калия и 23,6 мг окиси фосфора. Содержание гумуса в почве определяли по Тюрину (ГОСТ 26213-91), общего азота – по Кьельдалю (ГОСТ 26107-84), фосфора и калия – по Мачигину (ГОСТ 26205-91). Предшественник – озимая рожь. Агротехнические условия проведения опытов – общепринятые для зоны. Семена гибридов F_1 и F_2 высевали в гибридном питомнике. Площадь деланки определялась количеством семян. Рядом с гибридами высевали родительские формы.

Метеорологические условия в годы проведения исследований складывались различно: 2020, 2022 гг. были относительно благоприятными для роста и развития растений гороха (ГТК = 1,20; 1,30 соответственно), 2021 г. характеризовался высокой температурой воздуха, недостатком влаги, особенно в период цветения и формирования бобов (ГТК = 0,41).

Фенологические наблюдения, учеты и измерения проводили по методике государствен-

ного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). Степень доминирования определяли по формуле В. Griffing (1956):

$$h_p = \frac{\bar{F} - \overline{MP}}{\overline{P} - \overline{MP}},$$

где h_p – степень доминирования, $\bar{F}$ – средняя арифметическая гибрида, $\overline{P}$ – средняя арифметическая родителя с более развитым признаком, $\overline{MP}$ – средняя арифметическая родительских форм. При $h_p = 0$ доминирование отсутствует, при $0 < h_p < 1,0$ наблюдается частичное доминирование, при $h_p = 1$ – полное доминирование, при $h_p > 1,0$ – гетерозис. Обработку экспериментальных данных проводили по Б.А. Доспехову (2014), гибридо-

логический анализ – в программе Полиген А (Мережко, 2005), графики строили в программе MS Excel 2010.

Результаты и их обсуждение. Наследование признаков у гибридов гороха F_1 . Высота растения. В нашем исследовании у гибридов Флагман 9 × Чишминский 95, Флагман 9 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Чишминский 229, Л-29070 × Памяти Хангильдина, Тюменец × Чишминский 80 наблюдалось сверхдоминирование изучаемого признака ($h_p = 1,67; 1,50; 2,50; 2,33; 3,00$ соответственно), у гибридов Тюменец × Омский 18, К-8714 (Адыгея) × Л-29724 – неполное доминирование ($h_p = 0,50; 0,60$ соответственно). В гибридной комбинации К-8714 (Адыгея) × Арендатор доминирование отсутствовало ($h_p = 0$) (табл. 1).

Таблица 1. Высота растения и элементы структуры урожая у гибридов гороха F_1 и их родительских форм (2021 г.)
Table 1. 'Plant height' and yield structure elements in pea hybrids F_1 and their parental forms (2021)

Сортообразец, гибрид	Высота растения, см		Число бобов на растении, шт.		Число семян в бобе, шт.		Масса 1000 семян, г	
	X_{cp}	h_p	X_{cp}	h_p	X_{cp}	h_p	X_{cp}	h_p
Флагман 9	50	–	2,4	–	2,9	–	220	–
Флагман 9 × Чишминский 95	58	1,67	3,1	0,56	3,3	0,33	224	0,33
Чишминский 95	56	–	3,3	–	3,5	–	226	–
Флагман 9	50	–	2,4	–	2,9	–	220	–
Флагман 9 × Памяти Хангильдина	60	1,50	2,8	0,50	2,8	–1,25	234	0,27
Памяти Хангильдина	58	–	3,0	–	3,7	–	242	–
Л-29070	55	–	2,8	–	3,5	–	260	–
Л-29070 × Чишминский 229	62	2,50	2,9	–0,50	3,8	2,00	250	0,20
Чишминский 229	59	–	3,2	–	3,7	–	235	–
Л-29070	55	–	2,8	–	3,5	–	260	–
Л-29070 × Памяти Хангильдина	60	2,33	3,0	1,00	3,9	3,00	255	0,44
Памяти Хангильдина	58	–	3,0	–	3,7	–	242	–
Тюменец	54	–	2,8	–	3,3	–	208	–
Тюменец × Омский 18	53	0,50	3,1	1,00	3,8	4,00	215	0,27
Омский 18	50	–	3,1	–	3,5	–	219	–
Тюменец	54	–	2,8	–	3,2	–	208	–
Тюменец × Чишминский 80	58	3,00	3,0	2,00	3,5	0,50	218	0,25
Чишминский 80	50	–	2,4	–	3,6	–	224	–
К-8714 (Адыгея)	52	–	2,6	–	3,1	–	250	–
К-8714 (Адыгея) × Л-29724	56	0,60	3,0	3,00	3,6	1,50	243	0,30
Л-29724	57	–	2,8	–	3,5	–	230	–
К-8714 (Адыгея)	52	–	2,6	–	3,0	–	250	–
К-8714 (Адыгея) × Арендатор	52	0	2,7	2,00	2,9	–1,67	242	0,36
Арендатор	52	–	2,4	–	3,3	–	225	–

Число бобов на растении. В наших опытах в острозасушливый 2021 г. число бобов на растении у родительских форм колебалось от 2,4 до 3,3 шт., у гибридов F_1 – от 2,7 до 3,1 шт. Степень доминирования данного признака варьировала от –0,50 до 3,00 (от неполного отрицательного доминирования до сверхдоминирования). Гетерозис наблюдался в трех гибридных комбинациях: Тюменец × Чишминский 80, К-8714 (Адыгея) × Л-29724, К-8714 (Адыгея) × Арендатор ($h_p = 2,00; 3,00; 2,00$ соответственно). У гибридов Л-29070 × Памяти Хангильдина, Тюменец × Омский 18

отмечалось полное доминирование признака ($h_p = 1,00$), у гибридов Флагман 9 × Памяти Хангильдина, Флагман 9 × Чишминский 95 – неполное доминирование ($h_p = 0,50; 0,56$ соответственно), у гибрида Л-29070 × Чишминский 229 – неполное отрицательное доминирование ($h_p = -0,50$) (табл. 1).

Число семян в бобе. Полученным нами данным в 2021 г. число семян в бобе у родительских форм находилось в пределах от 2,9 до 3,7 шт., у гибридов – от 2,8 до 3,9 шт. У 4 гибридов (Л-29070 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Чишминский 229, Тюменец × Омский 18,

К-8714 (Адыгея) × Л-29724) наблюдался гетерозис ($h_p = 3,00; 2,00; 4,00; 1,50$ соответственно), у 2 (Флагман 9 × Памяти Хангильдина, К-8714 (Адыгея) × Арендатор) – гибридная депрессия ($h_p = -1,25; -1,67$ соответственно), у 2 (Флагман 9 × Чишминский 95, Тюмонец × Чишминский 80) – неполное доминирование ($h_p = 0,33; 0,50$ соответственно) (табл. 1).

Масса 1000 семян (крупность). При изучении данного признака нами было установлено, что у родительских форм его значения варьировали от 208 до 260 г, у гибридов – от 215 до 255 г. По крупности семян гибриды F_1 занимали промежуточное положение между родительскими формами – признак «масса 1000 семян» наследовался по типу неполного доминирования ($h_p = 0,20-0,44$) (табл. 1).

Таким образом, в нашем исследовании по высоте растения гетерозис проявился у 62,5 % гибридов гороха F_1 , по числу бобов на растении – у 37,5 %, по числу семян с растения – у 50 %. Крупность семян во всех изученных нами гибридных комбинациях наследовалась по типу неполного доминирования.

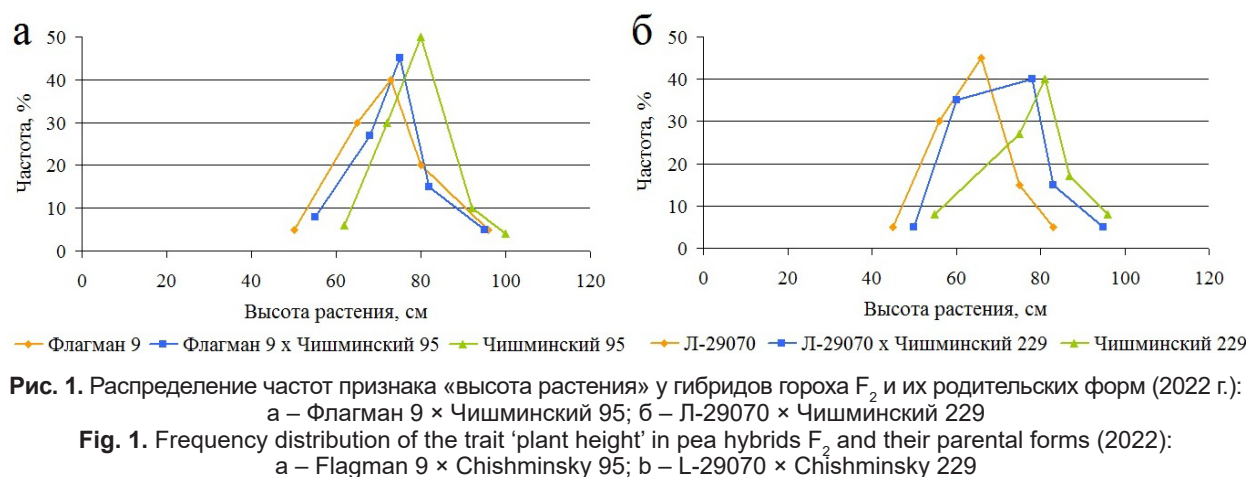
Наследование признаков у гибридов гороха F_2 . Высота растения. В 2022 г. гибриды F_2 Флагман 9 × Чишминский 95, Флагман 9 × Памяти Хангильдина, К-8714 (Адыгея) × Л-29724, К-8714 (Адыгея) × Арендатор по высоте растения занимали промежуточное положение между родительскими формами ($h_p = -0,43; -0,38; -0,20; -0,29$ соответственно) (табл. 2).

Таблица 2. Высота растения и элементы структуры урожая у гибридов гороха F_2 и их родительских форм (2022 г.)
Table 2. 'Plant height' and yield structure elements in pea hybrids F_2 and their parental forms (2022)

Сортообразец, гибрид	Высота растения, см		Число бобов на растении, шт.		Число семян в бобе, шт.		Масса 1000 семян, г	
	X_{cp}	h_p	X_{cp}	h_p	X_{cp}	h_p	X_{cp}	h_p
Флагман 9	73	—	4,5	—	4,9	—	218	—
Флагман 9 × Чишминский 95	75	-0,43	4,6	1,00	4,8	0,83	212	0,14
Чишминский 95	80	—	4,6	—	3,7	—	204	—
Флагман 9	73	—	4,5	—	4,9	—	218	—
Флагман 9 × Памяти Хангильдина	64	-0,38	4,6	-0,50	4,8	0,82	223	0,16
Памяти Хангильдина	60	—	4,9	—	3,8	—	230	—
Л-29070	66	—	3,5	—	4,3	—	270	—
Л-29070 × Чишминский 229	78	0,60	3,9	-0,53	4,2	0,67	250	0,13
Чишминский 229	81	—	5,2	—	3,7	—	223	—
Л-29070	66	—	3,5	—	4,3	—	270	—
Л-29070 × Памяти Хангильдина	65	0,67	3,7	-0,71	4,2	0,67	252	0,10
Памяти Хангильдина	60	—	4,9	—	3,8	—	230	—
Тюмонец	100	—	4,7	—	4,0	—	204	—
Тюмонец × Омский 18	96	0,60	4,9	0,33	3,8	-1,00	219	0,15
Омский 18	80	—	5,0	—	3,8	—	230	—
Тюмонец	100	—	4,7	—	4,0	—	204	—
Тюмонец × Чишминский 80	96	0,69	4,7	1,00	3,6	-1,00	214	0,11
Чишминский 80	74	—	4,5	—	3,6	—	222	—
К-8714 (Адыгея)	60	—	4,0	—	4,1	—	250	—
К-8714 (Адыгея) × Л-29724	66	-0,20	4,3	-0,57	3,6	-1,00	240	0,16
Л-29724	75	—	5,4	—	3,6	—	225	—
К-8714 (Адыгея)	60	—	4,0	—	4,1	—	250	—
К-8714 (Адыгея) × Арендатор	65	-0,29	4,2	-0,60	3,8	-0,50	235	0,12
Арендатор	74	—	5,0	—	3,7	—	215	—

На рисунке 1а в качестве примера представлено распределение частот признака «высота растения» у гибрида Флагман 9 × Чишминский 95 и его родительских форм. Кривая распределения частот изучаемого признака гибрида расположена на границах изменчивости родительских сортов, а ее вершина находится в одном классе с вершиной кривой распределения частот низкорослого родительского сорта Флагман 9, что свидетельствует о моногенном характере наследования с расщеплением по фенотипу 3:1.

У гибрида Л-29070 × Чишминский 229 кривая распределения частот признака «высота растения» смещена в сторону наибольших значений, а ее вершина находится в одном классе с вершиной кривой распределения частот высокорослого родительского сорта (рис. 1б), так же как и у гибридов Л-29070 × Памяти Хангильдина, Тюмонец × Омский 18, Тюмонец × Чишминский 80. В данных гибридных комбинациях наблюдалось неполное доминирование изучаемого признака ($h_p = 0,60-0,69$) (табл. 2).



Число бобов на растении. В 2022 г. в результате анализа данного признака у гибридов гороха F_2 нами были установлены различные типы наследования. На рисунке 2а представлено распределение частот признака «число бобов на растении» у гибрида Л-29070 × Чишминский 229 и его родительских форм. Вершина кривой распределения частот гибрида смещена в сторону родитель-

ской формы с минимальным проявлением признака, что свидетельствует о неполном доминировании меньших значений признака ($h_p = -0,53$). Аналогичный тип наследования также наблюдался в гибридных комбинациях Флагман 9 × Памяти Хангильдина ($h_p = -0,50$), Л-29070 × Памяти Хангильдина ($h_p = -0,71$), К-8714 (Адыгея) × Л-29724 ($h_p = -0,57$), К-8714 (Адыгея) × Арендатор ($h_p = -0,60$) (табл. 2).

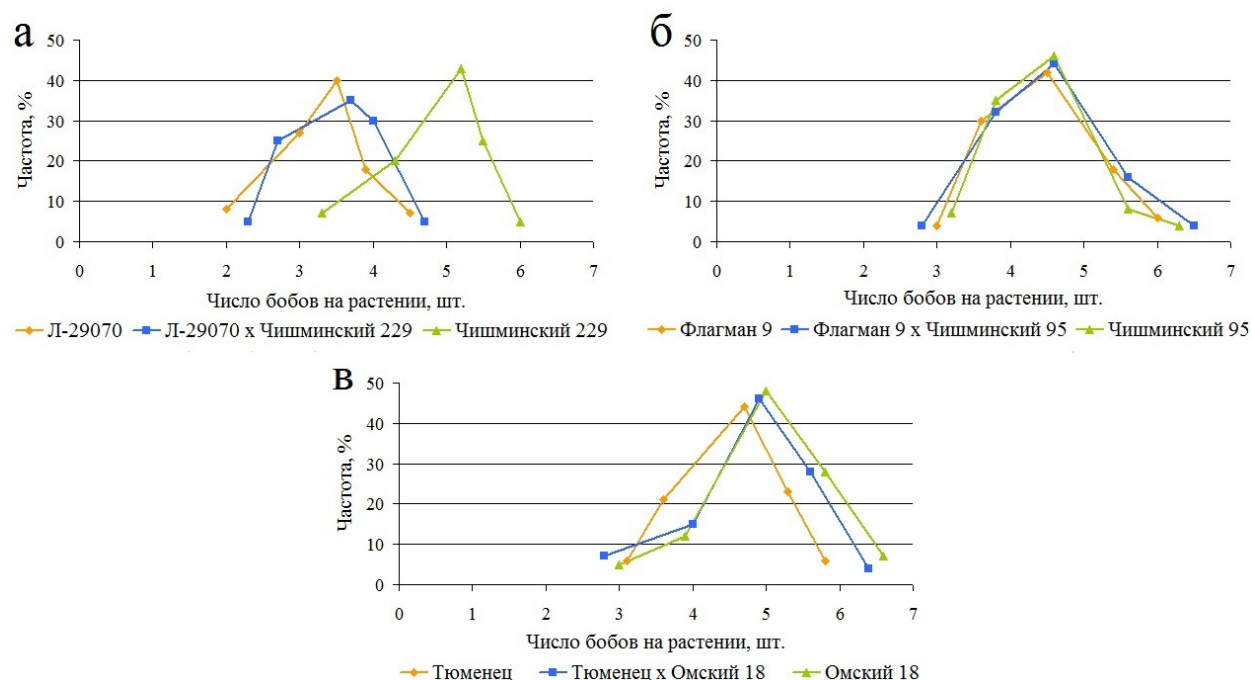


Рис. 2. Распределение частот признака «число бобов на растении» у гибридов гороха F_2 и их родительских форм (2022 г.): а – Л-29070 × Чишминский 229; б – Флагман 9 × Чишминский 95; в – Тюменец × Омский 18

Fig. 2. Frequency distribution of the trait 'number of pods per plant' in pea hybrids F_2 and their parental forms (2022): а – L-29070 × Chishminsky 229; б – Flagman 9 × Chishminsky 95; в – Tyumenets × Omsky 18

Родительские сорта гибридов Флагман 9 × Чишминский 95, Тюменец × Чишминский 80 оказались очень близки по значениям признака «число бобов на растении». Как видно из рисунка 2б, кривые распределения частот данного признака у гибрида Флагман 9 × Чишминский 95

и его родительских форм практически совпадают, что подтверждает отсутствие различий между ними по аллельному составу.

При анализе наследования признака «число бобов на растении» в гибридной комбинации Тюменец × Омский 18 было выявлено не-

полное доминирование ($h_p = 0,33$) (табл. 2). Вершина кривой распределения частот этого гибрида находится в одном классе с вершиной кривой распределения частот родительского сорта с большими значениями признака (рис. 2в).

Число семян в бобе. В нашем исследовании родительские формы характеризовались значительными различиями по озерненности боба и были разделены на три группы: с высоким числом семян в бобе – 4,3–4,9 шт. (сорт-образцы Л-29070, Флагман 9), со средним числом семян в бобе – 4,0–4,1 шт. (сорт-образцы Тюменец, К-8714 (Адыгея)), с относительно низким числом семян в бобе – 3,6–3,8 шт. (сорт-образцы Л-29724, Чишминский 80, Арендатор, Чишминский 229, Чишминский 95, Омский 18, Памяти Хангильдина) (табл. 2). При скрещивании родительских сортов с относительно низким и средним числом семян в бобе у боль-

шинства полученных гибридов доминировали меньшие значения признака. Этот тип наследования наблюдался в гибридных комбинациях Тюменец × Омский 18, Тюменец × Чишминский 80, К-8714 (Адыгея) × Л-29724 ($h_p = -1,00$) (табл. 2).

На рисунке 3а представлено распределение частот признака «число семян в бобе» у гибрида Тюменец × Чишминский 80 и его родительских форм. Вершина кривой распределения частот гибрида расположена в одном классе с вершиной кривой распределения частот родительского сорта с относительно низкой озерненностью боба. Таким образом, для гибридной комбинации Тюменец × Чишминский 80 характерен моногенный тип наследования признака «число семян в бобе» с расщеплением по фенотипу 3:1, так же как для гибридных комбинаций Тюменец × Омский 18 и К-8714 (Адыгея) × Л-29724.

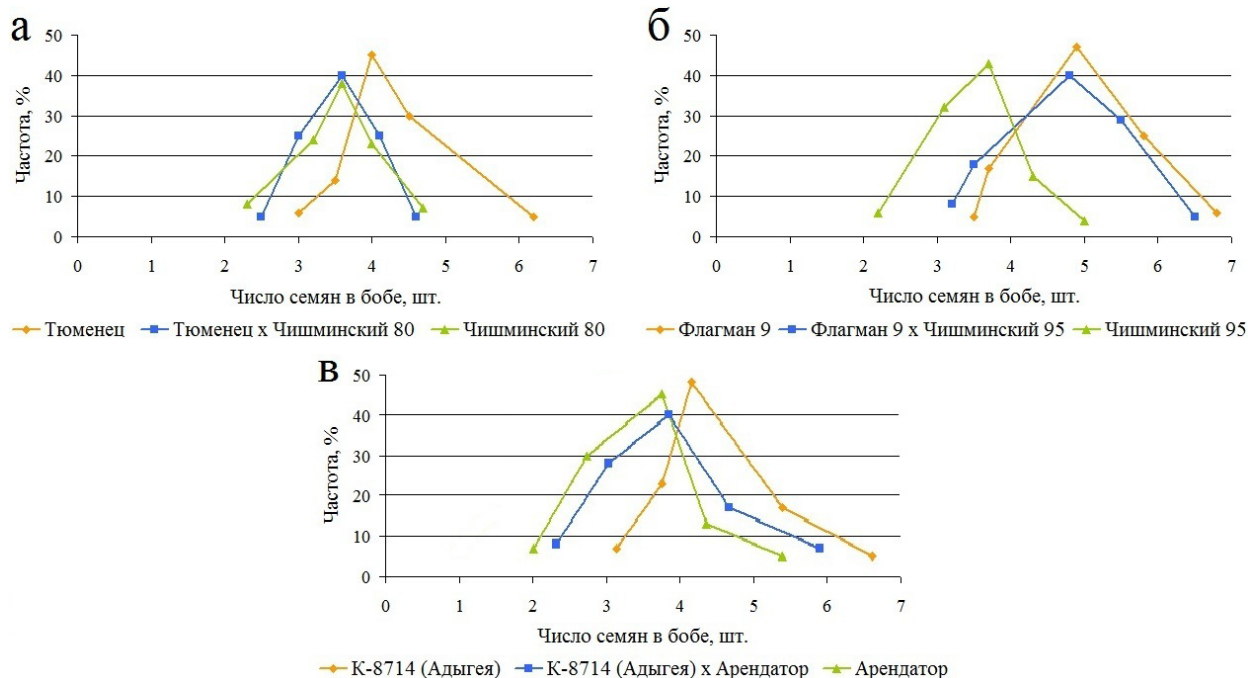


Рис. 3. Распределение частот признака «число семян в бобе» у гибридов гороха F_2 и их родительских форм (2022 г.):

а – Тюменец × Чишминский 80; б – Флагман 9 × Чишминский 95; в – К-8714 (Адыгея) × Арендатор

Fig. 3. Frequency distribution of the trait 'number of beans per pod' in pea hybrids F_2 and their parental forms (2022):

а – Tyumenets × Chishminsky 80; б – Flagman 9 × Chishminsky 95; в – K-8714 (Adygea) × Arendator

Анализ расщепления гибридов F_2 Флагман 9 × Чишминский 95, Флагман 9 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Чишминский 229 показал, что при скрещивании родительских форм с высоким и относительно низким числом семян в бобе наблюдается неполное доминирование ($h_p = 0,83$; 0,82; 0,67; 0,67 соответственно) (табл. 2). Вершина кривой распределения частот гибридной комбинации Флагман 9 × Чишминский 95 находится в одном классе с вершиной кривой распределения частот родительского сорта с большими значениями изучаемого признака (рис. 3б). Следовательно, у гибрида Флаг-

ман 9 × Чишминский 95, а также в гибридных комбинациях Флагман 9 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Чишминский 229 признак «число семян в бобе» наследовался по моногенному типу, расщепление по фенотипу соответствовало соотношению 3:1.

При скрещивании сорт-образцов К-8714 (Адыгея) и Арендатор у гибридов F_2 по признаку «число семян в бобе» наблюдалось неполное отрицательное доминирование ($h_p = -0,50$) (табл. 2). Как видно из рисунка 3в, вершина кривой распределения частот гибрида К-8714 (Адыгея) × Арендатор смещена в сторону роди-

тельской формы с наименьшей озерненностью боба.

Масса 1000 семян (крупность семян). В наших опытах во всех гибридных комбинациях наблюдалось промежуточное наследование данного признака с расщеплением по фенотипу, близкому к соотношению 1:2:1. Степень доминирования (h_p) варьировала от 0,10 до 0,16

(табл. 2). На рисунке 4 в качестве примера представлено распределение частот признака «масса 1000 семян» у гибрида Л-29070 × Памяти Хангильдина и его родительских форм. Кривая распределения частот гибрида имеет левостороннюю асимметрию, а ее вершина находится между вершинами кривых распределения частот родительских форм.

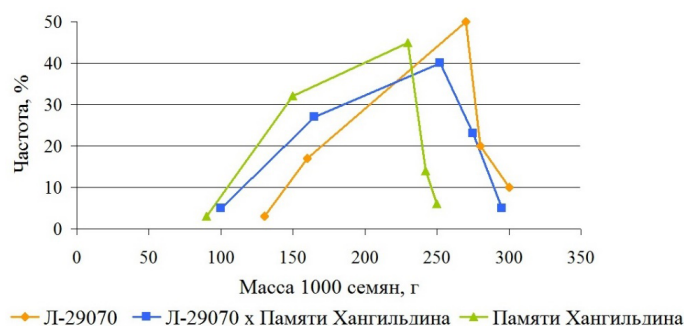


Рис. 4. Распределение частот признака «масса 1000 семян» у гибрида гороха F_2 Л-29070 × Памяти Хангильдина и его родительских форм (2022 г.)

Fig. 4. Frequency distribution of the trait '1000-seed weight' in pea hybrid F_2 L-29070 × Memory of Khangildin and its parental forms (2022)

Выводы. В 2020 г. в результате скрещивания сортообразцов коллекции, отобранных по комплексу хозяйственно ценных признаков, было получено 8 гибридных комбинаций: Флагман 9 × Чишминский 95, Флагман 9 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Чишминский 229, Л-29070 × Памяти Хангильдина, Тюменец × Омский 18, Тюменец × Чишминский 80, К-8714 (Адыгея) × Л-29724, К-8714 (Адыгея) × Арендатор. В 2021–2022 гг. проведено изучение характера наследования признаков «высота растения», «число бобов на растении», «число семян в бобе», «масса 1000 семян» у гибридов. Тип наследования варьировал от гибридной депрессии до сверхдоминирования. По высоте растения степень доминирования

(h_p) колебалась от 0 до 3,00 в F_1 и от –0,43 до 0,69 в F_2 , по числу бобов на растении – от –0,50 до 3,00 в F_1 и от –0,71 до 1,00 в F_2 , по числу семян в бобе – от –1,67 до 4,00 в F_1 и от –1,00 до 0,83 в F_2 , по массе 1000 семян – от 0,20 до 0,44 в F_1 и от 0,10 до 0,16 в F_2 . Полученная информация о закономерностях наследования изученных признаков имеет важное значение для эффективного подбора родительских пар, определения ценности селекционного материала на ранних этапах селекции.

Финансирование. Исследования Ф. А. Давлетова поддержаны грантом Минобрнауки РФ № 075-15-2021-549 от 31 мая 2021 г., работы К. П. Гайнуллиной поддержаны грантом АН РБ № 22-14-20049 от 06.06.2022 г.

Библиографические ссылки

1. Гайнуллина К. П., Кулуев Б. Р., Давлетов Ф. А. Оценка генетического разнообразия сортов и линий гороха с помощью SSR-анализа // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181, № 3. С. 70–80. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-70-80.
2. Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П., Каримов И. К. Создание исходного материала для селекции гороха с использованием методов гибридизации и физического мутагенеза // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 2. С. 29–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-29-35.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., перераб. и доп., стереотип. М.: Альянс, 2014. 352 с.
4. Костерин О. Э. При царе горохе (*Pisum sativum* L.): непростая судьба первого генетического объекта // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015. Т. 19, № 1. С. 13–26. DOI: 10.18699/VJ15.002.
5. Мережко А. Ф. Использование менделевских принципов в компьютерном анализе наследования варьирующих признаков // Экологическая генетика культурных растений: Материалы школы молодых ученых РАСХН, ВНИИ риса. Краснодар, 2005. С. 107–117.
6. Сухенко Н. Н., Костылев П. И., Костылева Л. М. Наследование ряда количественных признаков у гибридов между листочковыми и усатыми морфотипами гороха // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 3–1(105). С. 121–125. DOI: 10.23670/IRJ.2021.105.3.018.
7. Хабибуллин К. Н., Ашиев А. Р., Скулова М. В. Оценка адаптивности продуктивности растений коллекции гороха посевного // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1(67). С. 33–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-33-36.
8. Ayupov D. S., Davletov F. A., Asylbaev I. G., Kuznetsov I. Y., Akhmadullina I. I., Dmitriev A. M., Vakhitova R. K., Satarov M. Y., Avsakhov F. F., Irgalina R. S. Selection of high-yielding, high-tech varieties of field pea (*Pisum sativum* L.) // Legume Research. 2019. Vol. 42, Iss. 5. P. 615–619. DOI: 10.18805/LR-474.

9. Griffing B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems // Australian Journal of Biological Sciences. 1956. Vol. 9, № 4. P. 463–493. DOI: 10.1071/bi9560463.

References

1. Gainullina K. P., Kuluev B. R., Davletov F. A. Otsenka geneticheskogo raznoobraziya sortov i linii gorokha s pomoshch'yu SSR-analiza [Estimation of the genetic diversity of pea varieties and lines using SSR analysis] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2020. T. 181, № 3. S. 70–80. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-70-80.
2. Davletov F. A., Gainullina K. P., Karimov I. K. Sozdanie iskhodnogo materiala dlya selektsii gorokha s ispol'zovaniem metodov gibridizatsii i fizicheskogo mutageneza [Development of initial material for pea breeding using hybridization and physical mutagenesis methods] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 2. S. 29–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-29-35.
3. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 6-e izd., pererab. i dop. Stereotip izd. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
4. Kosterin O. E. Pri tsare gorokhe (*Pisum sativum* L.): neprostaya sud'ba pervogo geneticheskogo ob"ekta [Ancient peas (*Pisum sativum* L.): the difficult fate of the first genetic object] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2015. T. 19, № 1. S. 13–26. DOI: 10.18699/VJ15.002.
5. Merezko A. F. Ispol'zovanie mendelevskikh printsipov v komp'yuternom analize nasledovaniya var'iruyushchikh priznakov [Use of Mendelian principles in computer analysis of the inheritance of varying traits] // Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rasteniy: Materialy shkoly molodykh uchenykh RASKhN, VNII risa. Krasnodar, 2005. S. 107–117.
6. Sukhenko N. N., Kostylev P. I., Kostyleva L. M. Nasledovanie ryada kolichestvennykh priznakov u gibridov mezhdu listochkovymi i usatymi morfotipami gorokha [Inheritance of several quantitative traits in hybrids between foliate and baleen pea morphotypes] // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. 2021. № 3–1(105). S. 121–125. DOI: 10.23670/IRJ.2021.105.3.018.
7. Khabibullin K. N., Ashiev A. R., Skulova M. V. Otsenka adaptivnosti produktivnosti rasteniy kollektsii gorokha posevnogo [Estimation of the productive adaptability of plants in the pea collection] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 1(67). S. 33–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-33-36.
8. Ayupov D. S., Davletov F. A., Asylbaev I. G., Kuznetsov I. Y., Akhmadullina I. I., Dmitriev A. M., Vakhitova R. K., Satarov M. Y., Avsakhov F. F., Irgalina R. S. Selection of high-yielding, high-tech varieties of field pea (*Pisum sativum* L.) // Legume Research. 2019. Vol. 42, Iss. 5. P. 615–619. DOI: 10.18805/LR-474.
9. Griffing B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems // Australian Journal of Biological Sciences. 1956. Vol. 9, № 4. P. 463–493. DOI: 10.1071/bi9560463.

Поступила: 14.04.23; доработана после рецензирования: 02.05.23; принята к публикации: 15.05.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Давлетов Ф. А. – концептуализация исследования; Дмитриев А. М., Бадамшина Е. В. – выполнение опытов и сбор данных; Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.