

УДК 631.52:638.853.52
ГРНТИ 68.35.31

<http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-13036>

Фокина Е.М., канд. с-х. наук, вед. науч. сотр.;
Титов С.А., ст. науч. сотр.;
Губенко О.А., лаборант-исследователь;

НАСЛЕДОВАНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ И ГЕТЕРОЗИС У ГИБРИДОВ СОИ F₁

© Фокина Е.М., Титов С.А., Губенко О.А., 2020

Резюме. Представлены результаты анализа наследования основных хозяйственно ценных признаков гибридами сои первого поколения с использованием показателей степени фенотипического доминирования и гетерозиса. Дана оценка 7 гибридным комбинациям сои, по 4 количественным признакам, слагающим продуктивность: общее количество бобов, семян, масса семян с одного растения и масса 1000 семян. Исследования проводились в лаборатории селекции и генетики сои ФГБНУ ВНИИ сои в 2018-2019 гг. В качестве родительских форм использовали высокопродуктивные сорта и образцы сои, отечественной и иностранной селекции, отобранные в процессе изучения по комплексу хозяйственно ценных признаков в процессе изучения. Комбинации скрещивания создавали с применением различных принципов подбора исходных родительских форм. В результате проведенных исследований был установлен характер наследования основных признаков, слагающих продуктивность у внутривидовых гибридов сои F₁. Уровень проявления и величина гетерозиса сильно варьировала в зависимости от комбинации скрещивания и изучаемого признака, от сверхдоминирования высокого показателя до депрессии. При этом отмечена тенденция положительной взаимосвязи между значениями гетерозиса и доминирования: чем выше степень фенотипического доминирования – тем выше гетерозис. Наиболее высокий эффект гетерозиса (24,1-55,2%) зафиксирован по основным элементам структуры урожая (количество бобов, семян, масса семян с одного растения) в комбинациях – ♀ Хэй 13-3345-5 (КНР) × Киото (Канада), ♀ (Л4942 × F₁ д.623/86) т.к. (терминальная кисть) × ♂ отбор Хэйхэ 4 (КНР), созданных на основе принципа эколого-географической отдаленности исходных родительских форм. Эти гибридные комбинации представляют наибольший практический интерес в селекционных исследованиях на высокую продуктивность в условиях Амурской области.

Ключевые слова: соя, гибриды, хозяйственно ценные признаки, степень фенотипического доминирования, гетерозис.

UDC 631.52:638.853.52

<http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-13036>

E.M. Fokina, Cand. Agr. Sci., Leading Research Worker;
S.A. Titov, Senior Research Worker;
O.A. Gubenko, Research Assistant

INHERITANCE OF ECONOMICALLY VALUABLE CHARACTERS AND HETEROSIS IN F₁ SOYBEAN HYBRIDS

Abstract. The work presents the findings of investigations on the inheritance of the main economically valuable characters inherited by F₁ soybean hybrids; the indicators used in the course of the analysis: indicators of the degree of phenotypic dominance and heterosis. The assessment of 7 soybean hybrid combinations was carried out in respect of productivity presented by 4 quantitative characters: total number of beans, seeds, weight of seeds per plant and weight of 1000 seeds. The research

was carried out at the All-Russian Research Institute of Soybean Laboratory of Soybean Breeding and Genetics in years 2018-2019. In the course of the study of the complex of economically valuable characters, highly productive varieties and samples of soybean of domestic and foreign selection were used as parental forms. Crossbreeding combinations were created by using various principles of selection of the initial parental forms. As a result of the research carried out, the nature of inheritance of the main characters of productivity in intraspecific F_1 soybean hybrids was found. The level of manifestation and magnitude of heterosis varied greatly, depending on the combination of crossing and the studied character, variation: from the superdominance of high value to depression. At the same time, there was a tendency for a positive interrelation between the values of heterosis and dominance: the higher the degree of phenotypic dominance, the higher the heterosis. The highest heterosis effect (24,1...55,2%) was recorded for the main elements of the yield structure (number of beans, seeds, weight of seeds per one plant) in combinations – ♀ Hei 13-3345-5 (China) x Kyoto (Canada) , ♀ (L4942 x F_1 d.623/86) terminal raceme x ♂ Heihe 4 selection (China), created on the basis of the principle of ecological and geographical remoteness of the initial parental forms. These hybrid combinations are of the greatest practical interest in breeding research for high productivity in the climates of the Amur Region.

Key words: soybean, hybrids, economically valuable characters, degree of phenotypic dominance, heterosis.

В современном мире селекция располагает огромными возможностями для создания нового материала: от аналитической и синтетической селекции до химического и физического мутагенеза, а также использования методов клеточной и генной инженерии. Но практика показывает, что основным методом создания исходного материала в селекции самоопыляющихся культур является внутривидовая гибридизация, являющаяся основой создания большинства сортов сельскохозяйственных культур [2, 3, 7]. Эффективность селекционной работы с соей, как и с другими культурами, во многом определяется правильным подбором исходного материала, что является одной из самых главных и сложных задач практической селекции [6, 11]. Поскольку в процессе скрещивания происходят сложные формообразовательные процессы, обуславливающие возможность получения новых организмов, способных не только сочетать признаки и свойства исходных родительских форм, но и развивать совершенно новые качества [8]. Как правило, в селекционных исследованиях с соей в качестве родительских компонентов подбираются сорта и образцы по принципу взаимного дополнения недостающих признаков и свойств. Однако ценность любого компонента, используемого в скрещиваниях, зависит не только

от степени проявления у него комплекса позитивных признаков, но и от его способности давать при гибридизации потомство с показателями лучшими, чем у родителей, то есть проявлять гетерозисный эффект.

Поскольку в селекционной практике особую ценность представляет информация о наследовании отдельных элементов продуктивности гибридами от их родительских форм, полученная в конкретных условиях, в которых создаются новые сорта, необходимо использовать статистические показатели, наиболее полно отражающие передачу наследственной информации от родителей к потомкам. Такими показателями на начальном этапе селекционного процесса являются степень фенотипического доминирования (h_p) и гетерозис (Γ). Сопоставление результатов проявления этих величин у гибридного потомства F_1 позволяет на ранних этапах селекционного процесса выявить лучшие генотипы гибридов и избавиться от заведомо бесперспективного материала, а также более объективно прогнозировать пути повышения эффективности отбора в последующих поколениях, по отдельным хозяйственно ценным признакам в конкретной гибридной комбинации.

Явление гибридной мощности или гетерозиса в селекционных исследованиях занимает особое место. Одной из характер-

ных особенностей данного показателя является наибольшее проявление его у гибридов первого поколения и постепенное снижение в последующих. Высокую степень гетерозиса по продуктивности у межсортовых гибридов отмечали многие ученые [1, 10, 12, 13, 14]. Однако при гетерозисе не обязательно происходит усиление всех признаков растений, по одним из них он может проявляться сильнее, чем по другим, а по некоторым - полностью отсутствовать [10].

Цель исследований – установить характер наследования основных хозяйственно ценных признаков у внутривидовых гибридов сои F_1 семи различных комбинаций скрещивания с использованием показателей степени фенотипического доминирования и гетерозиса.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2018–2019 г. на опытном поле ФГБНУ ВНИИ сои (с. Садовое, Тамбовский район). В качестве исходных родительских форм использовали сорта и образцы сои отечественной и зарубежной селекций. Скрещивание специально подобранных пар проводили путем принудительного опыления в 2018 г. по методике К. К. Малыша и Т. П. Рязанцевой [9]. В 2019 гибридные растения семи комбинаций первого поколения выращивали в естественных условиях по блочной схеме «мать – гибрид – отец», что обеспечивало высокий уровень сравнения результатов. Посев гибридов проводили вручную на трехметровых делянках. Площадь питания растений составляла 10 X 90 см. В процессе вегетации проводили оценку по морфологическим признакам и идентификацию гибридов. Все растения убирали вручную, проводили биометрический анализ и индивидуальный обмолот каждого растения. Полученные гибриды F_1 и родительские формы анализировали по основным элементам продуктивности (общее количество бобов, семян, масса семян с одного растения и масса 1000 семян).

На основании гибридологического и структурного анализов по каждой комбинации F_1 определяли степень фенотипического доминирования и гетерозис. Степень

фенотипического доминирования – по методу Гриффинга по формуле 1:

$$h_p = \frac{F_1 - M_p}{P_{\max} - M_p}$$

Уровень гетерозиса рассчитывали по методу F.Petr, K.Frey по формуле 2 в изложении Л.С. Зенищевой [5].

$$\Gamma = \frac{F_1 - P_{\max}}{P_{\max}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где h_p – оценка доминантности;

F_1 – среднее арифметическое значение признака у гибрида в F_1 ;

M_p – среднее значение признака обоих родителей;

P_{\max} – среднее значение родителя с наиболее развитым признаком.

При $1 < h_p < \infty$ наблюдается сверхдоминирование или гетерозис.

Статистическая обработка материала проведена методом дисперсионного анализа в соответствии с методикой Б.А. Доспехова [4].

Результаты исследований. Исходные родительские формы подбирали с учетом хозяйственно ценных признаков с целью объединения в одном генотипе наибольшего количества положительных признаков и качеств. Три комбинации простых скрещиваний подобраны по принципу эколого-географической отдаленности родительских компонентов – ♀ Отб. Хэйхэ 4 (КНР) x ♂ Ам. 2463, ♀ Хэй 13-3345-5 (КНР) x Киото (Канада), ♀ (Л4942 x F_1 д.623/86) т.к. x ♂ отбор Хэйхэ 4 (КНР), две комбинации – сложноступенчатые гибриды, из которых ♀ {[M.G.uss. x K5671–Merit (Канада)] x Л4942} x Лазер 83 (КНР) x ♂ Топаз – сочетает филогенетический и эколого-географический принцип подбора родительских форм, ♀ [(Л4942 x F_1 д.623/86) т.к., д.т. x ♂ Ам.2242] x ♂ Ам.570 x {[Хэйхэ 11 (КНР) x Смена] x Октябрь 70 γ7 γ7 кр}, – эколого-географический и экологический, еще две комбинации простых скрещиваний построены по экологическому принципу (материнская и отцовская по происхождению относятся к одной экологической зоне) ♀ N1 – 2014 J 72 (КНР) x ♂ Хэй 13-3345 (КНР), ♀ Ам. 2454 x ♂ Ам. 1170.

На основании анализа гибридов F_1 определен характер наследования четырех

количественных признаков. Уровень проявления и величина гетерозиса сильно варьировала в зависимости от комбинации скрещивания и изучаемого признака, от сверхдоминирования высокого показателя до депрессии. При этом отмечена тенденция положительной взаимосвязи между значениями доминирования и гетерозиса: при высокой степени фенотипического доминирования – выше гетерозис. Наиболее высокий эффект гетерозиса зафиксирован по основным элементам структуры урожая (количество бобов, семян, масса семян с одного растения).

В результате проведенных исследований было выявлено, что по количеству бобов гибриды первого поколения в пяти комбинациях превышали родительские формы, наследование данного признака проходило по типу положительного сверхдоминирования $h_p > 1$, уровень гетерозиса варьировал от 4,6 до 38,0% (табл. 1.). Наиболее высокие значения гетерозиса отмечены у гибридов F₁ комбинаций: ♀ Хэй 13-3345-5 (КНР) x Киото (Канада) – 33,3%, ♀ (Л4942 x F₁

д.623/86) т.к. x ♂ отбор Хэйхэ 4 (КНР) – 37,6% и ♀ [(Л4942 x F₁ д.623/86) т.к., д.т. x ♂ Ам.2242] x ♂ Ам.570 x {[Хэйхэ 11 (КНР) x Смена] x Октябрь 70 γ7 γ7 кр} – 38,0%.

В комбинации ♀ N1 – 2014 J 72 (КНР) x ♂ Хэй 13-3345 (КНР) отмечено неполное доминирование высокого показателя, гибриды F₁, данной комбинации незначительно уступили лучшей родительской форме по количеству бобов на растении. В комбинации ♀ Ам. 2454 x ♂ Ам. 1170 наблюдалось отрицательное доминирование – депрессия признака.

Одним из важнейших элементов продуктивности является масса семян с одного растения. При анализе родительских форм и гибридов по этому признаку выделились две комбинаций – ♀ Хэй 13-3345-5 (КНР) x ♂ Киото (Канада) и ♀ (Л. 4942 x F₁ д. 623/86 г.) т.к. x ♂ отб. Хэйхэ 4 (КНР) в которых отмечен значительный сверхдоминантный эффект и максимальный гетерозис, достигающий 36,5 и 55,2% соответственно (табл. 2.).

Таблица 1

Степень фенотипического доминирования и гетерозис по количеству бобов у гибридов F₁

Комбинация скрещивания	Количество бобов, шт			Г, %	h _p
	♀	F ₁	♂		
♀ Отб. Хэйхэ 4 (КНР) x ♂ Ам. 2463	47	68	65	4,6	1,3
♀ Хэй 13-3345-5 (КНР) x Киото (Канада)	42	92	69	33,3	2,8
♀ (Л4942 x F ₁ д.623/86) т.к. x ♂ Отб. Хэйхэ 4 (КНР)	85	117	49	37,6	2,8
♀ {[M.G.uss. x K5671–Merit (Канада)] x Л4942} x Лазер 83 (КНР) x ♂ Топаз	104	127	76	22,1	2,6
♀ [(Л4942 x F ₁ д.623/86) т.к. x ♂ Ам.2242] x ♂ Ам.570 x {[Хэйхэ 11 (КНР) x Смена] x Октябрь 70 γ7 γ7 кр}	49	98	71	38,0	3,5
♀ N1 – 2014 J 72 (КНР) x ♂ Хэй 13-3345 (КНР)	65	60	33	–6,9	0,7
♀ Ам. 2454 x ♂ Ам. 1170	62	52	72	–27,8	–3,0

Таблица 2

Степень фенотипического доминирования и гетерозис по массе семян с растения у гибридов F₁

Комбинация скрещивания	Масса семян, г			Г, %	h _p
	♀	F ₁	♂		
♀ Отб. Хэйхэ 4 (КНР) x ♂ Ам. 2463	21,8	26,4	26,0	1,5	1,2
♀ Хэй 13-3345-5 (КНР) x Киото (Канада)	20,3	41,1	30,1	36,5	2,0
♀ (Л4942 x F ₁ д.623/86) т.к. x ♂ Отб. Хэйхэ 4 (КНР)	16,4	31,5	20,3	55,2	6,7
♀ {[M.G.uss. x K5671–Merit (Канада)] x Л4942} x Лазер 83 (КНР) x ♂ Топаз	37,0	37,7	25,5	1,8	1,1
♀ [(Л4942 x F ₁ д.623/86) т.к. x ♂ Ам.2242] x ♂ Ам.570 x {[Хэйхэ 11 (КНР) x Смена] x Октябрь 70 γ7 γ7 кр}	17,8	30,1	29,6	1,7	1,1
♀ N1 – 2014 J 72 (КНР) x ♂ Хэй 13-3345 (КНР)	25,8	23,1	16,2	–10,5	0,4
♀ Ам. 2454 x ♂ Ам. 1170	32,5	17,3	23,3	–46,8	–2,3

В трех комбинациях – ♀ Отб. Хэйхэ 4 (КНР) х ♂ Ам. 2463; ♀ {[M.G.uss. х K5671–Merit (Канада)] х Л4942} х Лазер 83 (КНР) х ♂ Топаз и ♀ [(Л4942 х F₁ д.623/86) т.к. х ♂ Ам.2242] х ♂ Ам.570 х {[Хэйхэ 11 (КНР) х Смена] х Октябрь 70 γ7 γ7 кр} уровень гетерозиса был незначительным и составил 1,5-1,8%, гибриды F₁ данных комбинаций имели несущественное преимущество над лучшей родительской формой. В комбинации ♀ N1 – 2014 J 72 (КНР) х ♂ Хэй 13-3345 (КНР) наблюдалось промежуточное наследование, гибридные формы не превзошли лучшего из родителей по признаку масса семян с одного растения, в – ♀ Ам. 2454 х

♂ Ам. 1170 проявилась депрессия признака, гибридное потомство имело показатели ниже, чем у материнской и отцовской форм.

Количество семян с растения влияет как на продуктивность, так и на урожайность сорта в целом. По данному признаку наследование у гибридов сои первого поколения проходило по типу положительного сверхдоминирования в комбинациях – ♀ Отб. Хэйхэ 4 (КНР) х ♂ Ам. 2463, ♀ Хэй 13-3345-5 (КНР) х ♂ Киото (Канада) и ♀ (Л. 4942 х F₁ д. 623/86 г.) т.к. х ♂ отб. Хэйхэ 4 (КНР) степень гетерозиса составила 3,3; 24,1; 35,6% соответственно (табл 3.).

Таблица 3

Степень фенотипического доминирования и гетерозис по количеству семян с растения у гибридов F₁

Комбинация скрещивания	Количество семян, шт.			Г, %	h _p
	♀	F ₁	♂		
♀ Отб. Хэйхэ 4 (КНР) х ♂ Ам. 2463	93,7	124,0	120,0	3,3	1,3
♀ Хэй 13-3345-5 (КНР) х Киото (Канада)	90,0	211,0	170,0	24,1	3,2
♀ (Л4942 х F ₁ д.623/86) т.к. х ♂ Отб. Хэйхэ 4 (КНР)	149,0	202,0	105,0	35,6	3,4
♀ {[M.G.uss. х K5671–Merit (Канада)] х Лазер 83 (КНР) х ♂ Топаз	206,0	206,0	172,0	0	1,0
♀ [(Л4942 х F ₁ д.623/86) т.к. х ♂ Ам.2242] х ♂ Ам.570 х {[Хэйхэ 11 (КНР) х Смена] х Октябрь 70 γ7 γ7 кр}	105,0	155,0	154,0	0,01	1,0
♀ N1 – 2014 J 72 (КНР) х ♂ Хэй 13-3345 (КНР)	143,0	106,5	75,0	-25,6	0,01
♀ Ам. 2454 х ♂ Ам. 1170	160,5	97,0	166,5	-41,7	-22,2

В комбинациях ♀ {[M.G.uss. х K5671–Merit (Канада)] х Л4942} х Лазер 83 (КНР) х ♂ Топаз и ♀ [(Л4942 х F₁ д.623/86) т.к. х ♂ Ам.2242] х ♂ Ам.570 х {[Хэйхэ 11 (КНР) х Смена] х Октябрь 70 γ7 γ7 кр} наблюдалось положительное доминирование гибридов в сторону лучшей родительской формы, однако гетерозисного эффекта не наблюдалось. В комбинации ♀ Ам. 2454 х

♂ Ам. 1170 отмечено промежуточное наследование, в – ♀ N1 – 2014 J 72 (КНР) х ♂ Хэй 13-3345 (КНР) гибриды F₁ не превзошли ни одного из родителей.

Масса 1000 – семян немаловажный признак, слагающий общую продуктивность растения. В наших исследованиях у гибридов F₁ по данному признаку гетерозис не проявился ни в одной из изучаемых комбинаций (табл.4.).

Таблица 4

Степень фенотипического доминирования и гетерозис по массе 1000 семян у гибридов F₁

Комбинация скрещивания	Масса 1000 семян, г			Г, %	h _p
	♀	F ₁	♂		
♀ Отб. Хэйхэ 4 (КНР) х ♂ Ам. 2463	248,0	223,8	221,6	-9,8	-0,08
♀ Хэй 13-3345-5 (КНР) х Киото (Канада)	236,6	206,6	183,3	-12,6	-0,13
♀ (Л4942 х F ₁ д.623/86) т.к. х ♂ Отб. Хэйхэ 4 (КНР)	115,0	155,0	188,3	-17,7	0,09
♀ {[M.G.uss. х K5671–Merit (Канада)] х Лазер 83 (КНР) х ♂ Топаз	218,3	190,0	156,7	-12,9	0,08
♀ [(Л4942 х F ₁ д.623/86) т.к. х ♂ Ам.2242] х ♂ Ам.570 х {[Хэйхэ 11 (КНР) х Смена] х Октябрь 70 γ7 γ7 кр}	176,7	197,5	208,3	-5,2	0,3
♀ N1 – 2014 J 72 (КНР) х ♂ Хэй 13-3345 (КНР)	188,0	217,0	220,0	-1,4	0,8
♀ Ам. 2454 х ♂ Ам. 1170	225,0	172,5	142,5	-23,3	-0,3

Так, в шести комбинациях наблюдалось промежуточное наследование признака масса 1000 семян по отношению к исходным родительским формам, и только в комбинации ♀ N1 – 2014 J 72 (КНР) х ♂ Хэй 13-3345 (КНР) наследование проходило по типу неполного доминирования высокого показателя отцовской формы.

Выводы. Проведенные исследования показали, что наиболее ценными комбинациями в селекции сои являются те, у которых в F₁ доминируют признаки, слагающие продуктивность. Анализ полученных результатов позволил установить, что наиболее высокий гетерозис по большинству изучаемых признаков зафиксирован в комбинациях, созданных с использованием принципа эколого-географической отдаленности исходных родительских форм ♀ Хэй 13-3345-5 (КНР) х Киото (Канада), ♀ (Л4942 х F₁ д.623/86) т.к. х ♂ отбор Хэйхэ 4 (КНР). Гибриды F₁ этих комбинаций обладали превосходством над лучшим из родителей по 3 основным признакам, слагающим продуктивность (количество бобов, семян и масса семян с растения), наследование проходило по типу положительного сверхдоминирования.

В комбинациях сложноступенчатых гибридов с комбинированным принципом подбора родительских компонентов – ♀ {[M.G.uss. х К5671–Merit (Канада)] х Л4942} х Лазер 83 (КНР) х ♂ Топаз и ♀ [(Л4942 х F₁ д.623/86) т.к. х ♂ Ам.2242] х ♂ Ам.570 х {Хэйхэ 11 (КНР) х Смена} х Октябрь 70 γ7 γ7 кр}, гетерозис проявился по двум признакам (количество бобов и масса семян с растения).

В комбинациях ♀ N1 – 2014 J 72 (КНР) х ♂ Хэй 13-3345 (КНР) и ♀ Ам. 2454 х ♂ Ам. 11707, полученных с использованием экологического принципа подбора родителей, отмечены наиболее низкие и отрицательные значения степени фенотипического доминирования и отсутствие гетерозиса по всем четырем изучаемым признакам.

Полученные результаты изучения характера наследования ряда хозяйственно ценных признаков в гибридных популяциях сои могут служить критерием при подборе родительских форм для последующих скрещиваний.

Список литературы

1. Бардиер, Н. Г. Гетерозис и наследование хозяйственно ценных признаков у гибридов первого поколения сои / Н. Г. Бардиер, А. Б. Будак // Генет. основы селекции с.-х. культур в Молдавии. – Кишинёв: Штиинца, 1986. – С. 95–107
2. Ващенко, А. П. Соя на Дальнем Востоке / А. П. Ващенко [и др.]; науч. ред. А.К. Чайка; Россельхозакадемия, Примор. НИИСХ. – Владивосток: Дальнаука, 2014. – 435 с. – ISBN: 978-5-8044-1080-4.
3. Ващенко, А. П. Создание исходного материала в селекции сои / А. П. Ващенко, О. И. Хасбиуллина, Е. М. Фокина // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Дальнего Востока: сб. науч. тр./ РАСХН. Дальневост. науч.-метод. центр. Примор. НИИСХ. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – С. 52–59.
4. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Стереотип. изд., перепечатка с 5-го изд., доп. и перераб. – Москва: Альянс, 2014. – 351 с.
5. Зенищева, Л. С. Наследуемость количественных признаков, определяющих устойчивость растений к полеганию / Л. С. Зенищева // Сельскохозяйственная биология. – 1968. – Т. 3, № 5. – С. 780–794.
6. Зыкин, В. А. Системный анализ проблемы подбора пар для гибридизации / В. А. Зыкин // Селекция и семеноводство с.-х. культур в Западной Сибири: сб. науч. тр. ВАСХНИЛ, Сиб. отд-ние. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1984. – С. 3–12.
7. Косолапов, В. М. Геномная селекция: этапы развития / В. М. Косолапов, Н. Н. Козлов, А. И. Клименко // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 1. – С. 8–11.
8. Лобашев, М. Е. Генетика с основами селекции / М. Е. Лобашев, К. В. Ватти, М. М. Тихомирова. – Москва: Просвещение, 1970. – 431 с.
9. Мальш, К. К. Некоторые вопросы биологии сои, связанные с методикой гибридизации / К. К. Мальш, Т. П. Рязанцева // Труды Амурской сельскохозяйственной опытной станции. – Хабаровск, 1968. – Т. 2. – Вып. 1. – С. 38–48.
10. Минькач, Т. В. Проявление репродуктивного гетерозиса у гибридов сои первого поколения / Т. В. Минькач, О. А. Селихова // Состояние и перспективы селекции и семеноводства основных сельскохозяйственных культур: сб. науч. статей по материалам науч.-практ. конф./ Федеральный науч. центр агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки. - Уссурийск (п. Тимирязевский, 18-19 июля 2019 г.). – Уссурийск, 2019. – С. 39-44.
11. Мякушко, Ю. П. Соя / Ю. П. Мякушко, В. Ф. Баранов. – Москва: Колос, 1984. – 323 с.

12. Тимошенко, О. О. Оцінка гібридів сої F₁ за продуктивністю / О. О. Тимошенко // Збірник наукових праць ННЦ Інститут землеробства НААН. – 2011. – Вип 1–2. – С. 208–213.
13. Фадеев, А. А. Определение гетерозиса у реципрокативных гибридов сои F₁ / А. А. Фадеев, М. Ф. Фадеева, Л.В. Воробьева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 2(45). – С. 10.
14. Хотылева, Л. В. Теоретические аспекты гетерозиса / Л. В. Хотылева, А. В. Кильчевский, М. Н. Шаптуренко // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – № 20 (4). – С. 482–492.

References

- Bardier, N. G., Budak, A.B. Geterozis i nasledovanie khozyaistvenno tsennnykh priznakov u gibridov pervogo pokoleniya soi (Heterosis and Inheritance of Economically Valuable Traits in F₁ Soybean Hybrids), Genet. osnovy selektsii s.-kh. kul'tur v Moldavii, Kishinev, Shtiintsa, 1986, PP. 95–107
- Vashchenko, A.P., [i dr.] Soya na Dal'nem Vostoke (Soybean in the Far East), nauch. red. A.K. Chaika, Ros-sel'khozakademiya, Primor. NIISKh, Vladivostok, Dal'nauka, 2014, 435 p. ISBN: 978-5-8044-1080-4.
- Vashchenko, A.P., Khasbiullina, O.I., Fokina, E.M. Sozdanie iskhodnogo materiala v selektsii soi (Creation of Source Material (Base Line) in Soybean Breeding), Agrarnaya nauka – sel'skokhozyaistvennomu proizvodstvu Dal'nego Vostoka, sb. nauch. tr. RASKhN. Dal'nevost. nauch.- metod. tsentr. Primor. NIISKh, Vladivostok, Dal'nauka, 2005, PP. 52–59.
- Dospikhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniya) (Methodology of Field Experiment (with the Bases of Statistical Processing of Findings), Stereotip. izd., perepechatka s 5-go izd., dop. i pererab., Moskva, Al'yans, 2014, 351 p.
- Zenishcheva, L.S. Nasleduemost' kolichestvennykh priznakov, opredelyayushchikh ustoichivost' rastenii k poleganiyu (Inheritance of Quantitative Traits that Determine the Resistance of Plants to Lodging), Sel'skokhozyaistvennaya biologiya, 1968, T. 3, No 5, PP. 780–794.
- Zykin, V.A. Sistemnyi analiz problemy podbora par dlya gibridizatsii (System Analysis of the Problem of Selecting Pairs for Hybridization), Seleksiya i semenovodstvo s.- kh. kul'tur v Zapadnoi Sibiri, sb. nauch. tr. VASKhNIL, Sib. otd-nie, Novosibirsk, SO VASKhNIL, 1984, PP. 3–12.
- Kosolapov, V.M., Kozlov, N.N., Klimentov, A.I. Genomnaya selektsiya: etapy razvitiya (Genome Selection: Stages of Development), Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki, 2018, No 1, PP. 8–11.
- Lobashev, M.E., Vatti, K.V., Tikhomirova, M.M. Genetika s osnovami selektsii (Genetics with the Bases of Selection), Moskva, Prosveshchenie, 1970, 431 p.
- Malysh, K. K., Ryazantseva, T.P. Nekotorye voprosy biologii soi, svyazannye s metodikoi gibridizatsii (Some Questions of Soybean Biology Related to the Hybridization Technique), Trudy Amurskoi sel'skokhozyaistvennoi opytnoi stantsii, Khabarovsk, 1968, T. 2, Vyp. 1, PP. 38–48.
- Min'kach, T.V., Selikhova, O.A. Proyavlenie reproduktivnogo geterozisa u gibridov soi pervogo pokoleniya (Manifestation of Reproductive Heterosis in F₁ Soybean Hybrids), Sostoyanie i perspektivy selektsii i semenovodstva osnovnykh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur : sb. nauch. statei po materialam nauch.-prakt. konf., Federal'nyi nauch. tsentr agrobiotekhnologii Dal'nego Vostoka im. A.K. Chaiki, Ussuriisk (p. Timiryazevskii, 18-19 iyulya 2019 g.), Ussuriisk, 2019, PP. 39-44.
- Myakushko, Yu.P., Baranov, V.F. Soya (Soybean), Moskva, Kolos, 1984, 323 p.
- Timoshenko, O.O. Otsinka gibridiv soi F₁ za produktivnostyu (Assessment of F₁ Soybean Hybrids as to Productivity), Zbirnik naukovikh prots' NNTs Institut zemlerobstva NAAN, 2011, Vip 1–2, PP. 208–213.
- Fadееv, A.A., Fadeeva, M.F., Vorob'eva, L.V. Opredelenie geterozisa u retsiprokativnykh gibridov soi F₁ (Determination of Heterosis in F₁ Reciprocal Soybean Hybrids), Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2015, No 2(45), PP.10.
- Khotyleva, L. V., Kil'chevskii, A.V., Shapturnenko, M.N. Teoreticheskie aspekty geterozisa (Theoretical Aspects of Heterosis), Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii, 2016, No № 20 (4), PP. 482–492.

Информация об авторах

Фокина Евгения Михайловна, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр., ФГБНУ Всероссийский НИИ сои; Игнатьевское шоссе, д. 19, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: fem@vniiso.ru;

Титов Сергей Александрович, ст. науч. сотр., ФГБНУ Всероссийский НИИ сои; Игнатьевское шоссе, д. 19, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: fem@vniiso.ru;

Губенко Оксана Анатольевна, лаборант, ФГБНУ Всероссийский НИИ сои; Игнатьевское шоссе, д. 19, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: fem@vniiso.ru;

Information about the authors

Evgenia M. Fokina, Cand. Agri. Sci., Leading Research Worker; All-Russian Research Institute of Soya; 19, Ignatievskoe highway, Blagoveshchensk, Amur Region, Russia; e-mail: fem@vniiso.ru;

Sergey A. Titov, Senior Research Worker; All-Russian Research Institute of Soya; 19, Ignatievskoe highway, Blagoveshchensk, Amur Region, Russia; e-mail: fem@vniiso.ru;

Oksana A. Gubenko, Research Assistant, All-Russian Research Institute of Soya; 19, Ignatievskoe highway, Blagoveshchensk, Amur Region, Russia; e-mail: fem@vniiso.ru.