

Н.Г. Калицкая, старший научный сотрудник

В.Т. Синеговская, академик РАН, профессор, заслуженный деятель науки РФ

ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»

РФ, 675027, Амурская обл., г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19

Т.П. Кобозева, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева

РФ, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: valsino9@gmail.com

УДК 633.853.52:575.222.7:631.527

DOI:10.30850/vrsn/2021/6/4-7

ОЦЕНКА МЕЖВИДОВЫХ И ВНУТРИВИДОВЫХ ГИБРИДОВ СОИ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Изучены межвидовые и внутривидовые гибриды сои первого поколения по селекционно-генетическим показателям. Исследования проводили на опытном поле лаборатории селекции ФНЦ ВНИИ сои в 2018–2019 годах для выявления лучших генотипов уже в первом поколении и прогнозирования повышения эффективности отбора в последующих. Гибридизацию осуществляли по методике К.К. Малыш и Т.П. Рязанцевой путем принудительного перекрестного опыления. В качестве материнских форм использовали высокопродуктивные сорта селекции института (Китросса, Интрига, Невеста) и китайской селекции (Хэйхэ 27), отцовских — образцы из коллекции дикой сои КБЛ-18, КЗ-671, КБЛ-30, КМ-705 и сорта Хэди и Тундра. Родительские формы и полученные гибриды анализировали по признакам: количество продуктивных узлов, бобов, семян с растения; масса семян с одного растения и 1000 семян. При скрещивании культурных сортов с дикими формами гетерозис не проявился в первом поколении ни по одному из хозяйственно ценных признаков. Гибридизация культурной сои с дикой формой малоперспективна для передачи по наследству хозяйственно ценных признаков. Выявлены продуктивные гибриды при внутривидовой гибридизации культурных форм. В гибридной комбинации ♀ Хэйхэ 27 х ♂ Тундра отмечено увеличение гетерозиса по трем признакам: количество бобов (13,3 %), масса семян с растения и количество семян (45 %). Гибриды, полученные при скрещивании ♀ Китросса х ♂ Тундра, имели преимущество над родительскими формами по количеству продуктивных узлов и бобов, семян с растения. Крупность семян наследовалась по материнской линии. Степень фенотипического доминирования выявлена только по одному признаку — количество семян с растения (5 %). Эффект гетерозиса отмечен по числу продуктивных узлов (80 %) и бобов (83,3 %).

Ключевые слова: соя, селекция, гетерозис, гибриды, фенотипическое доминирование.

N.G. Kalitskaya, Senior Researcher

V.T. Sinegovskaya, Academician of the RAS, Professor, Honoured Scientist of the Russian Federation

FRC «All-Russian Soybean Research Institute»

RF, 675000, Amurskaya obl. g. Blagoveshchensk, Ignatievskoye schosse, 19

T.P. Kobozeva, Grand PhD in Agricultural sciences, Professor

Russian State Agrarian University — MTAA

RF, 127550, g. Moskva, ul. Timiryazevskaya, 49

E-mail: valsino9@gmail.com

ASSESSMENT OF INTRA – AND INTER – SPECIES OF THE FIRST GENERATION SOYBEAN HYBRIDS

The article presents the results of the study of interspecific and intraspecific first generation soybean hybrids in terms of selection and genetic parameters. The studies were carried out on an experimental field of the breeding laboratory of the FSBSI FRC "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean" in 2018–2019 in order to identify the best genotypes already in the first generation and predict an increase in the selection efficiency in subsequent generations. Hybridization was carried out according to the method of K.K. Malish and T.P. Ryzantseva by forced re-pollination. Highly productive varieties of the Institute breeding Kitrossa, Intriga, Nevesta and the Chinese variety Heihe 27 were used as maternal forms, samples from the collection of wild soybeans KBL-18, KZ-671, KBL-30, KM-705 and varieties Hedi and Tundra were used as paternal forms. The parental forms and the obtained hybrids were analyzed according to the traits: the number of productive nodes, beans, seeds per plant, weight of seeds from one plant and 1000 seeds. The interspecific hybridization analysis of soybeans showed that when crossing cultivars with wild forms, heterosis did not manifest itself in the first generation for any of the economically valuable traits. Hybridization of cultivated soybeans with the wild form is unpromising for the inheritance of economically valuable traits in order to obtain highly productive varieties. Productive hybrids were revealed during intraspecific hybridization of cultivated forms. In the hybrid combination ♀ Heihe 27 х ♂ Tundra, an increase in heterosis was noted in three traits: the number of beans (13.3%), the mass of seeds per plant, and the number of seeds (45 %). The hybrids obtained by crossing of ♀ Kitrossa х ♂ Tundra had an advantage over the parental forms in the number of productive nodes and beans, the number of seeds per plant. The size of the seeds was inherited through the maternal line. The degree of phenotypic dominance was revealed only on one trait — the number of seeds per plant (5 %). The heterosis effect was noted on the number of productive nodes (80 %) and beans (83.3 %).

Key words: soybean, breeding, heterosis, hybrids, phenotypic dominance.

Эффективность селекционной работы с соей во многом определяется правильным подбором исходного материала. [10] Он должен обладать высокой продуктивностью, устойчивостью к основным

вредным организмам и неблагоприятным условиям среды региона возделывания культуры. Также обращают внимание на длину вегетационного периода, форму куста и листовых пластинок, приспособ-

бленность к механизированной уборке, полеганию и другие хозяйственно ценные признаки. Целесообразно вовлекать в селекционный процесс дикие формы сои в качестве доноров скороспелости, многосемянности, высокобелковости и устойчивости к ряду болезней, что значительно повышает адаптационные способности новых сортов. [4, 7] Поскольку в селекционной практике особую ценность представляет информация, полученная при создании сортов, о наследовании гибридами отдельных элементов продуктивности от их родительских форм, необходимо использовать статистические показатели, наиболее полно отражающие передачу наследственности от родителей к потомкам. На начальном этапе селекции (F_1) это степень фенотипического доминирования (h_p) и гетерозис (G). С их помощью можно выявить лучшие генотипы гибридов и прогнозировать повышение эффективности отбора в последующих поколениях. В основе гетерозиса лежит резкое повышение гетерозиготности у гибридов первого поколения и превосходство гетерозигот по определенным генам над соответствующими гомозиготами. Но при гетерозисе не всегда происходит усиление всех признаков растений: по одним он может проявляться сильнее, чем по другим, а по некоторым полностью отсутствовать. [8]

Цель работы — оценка меж- и внутривидовых гибридов сои первого поколения по селекционно-генетическим показателям для выявления лучших генотипов, обеспечивающих высокую продуктивность новых сортов в неблагоприятных погодных условиях Дальнего Востока.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2018–2019 годах на опытном поле ФНЦ ВНИИ сои. В качестве материнских форм использовали высокопродуктивные сорта селекции института (*Китросса*, *Интрига*, *Невеста*) и китайской селекции (*Хэйхэ 27*), отцовских — образцы из коллекции дикой сои: *КБл-18*, *КЗ-671*, *КБл-30*, *КМ-705* и сорта *Хэди* и *Тундра*. [9] Гибридизацию осуществляли по методике К.К. Малыш и Т.П. Рязанцевой путем принудительного переопыления. [6] Гибриды высевали вручную на двухметровых делянках (площадь питания — 10 x 90 см) в естественных условиях по блочной

системе «родители — потомки». [5] Родительские формы и полученные гибриды анализировали по признакам: количество продуктивных узлов, бобов, семян с растения; масса семян с растения и 1000 семян. Полученные данные статистически обрабатывали с помощью дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова, определяли степень фенотипического доминирования (метод Гриффинга), уровень гетерозиса (формула F. Petr, K. Frey в изложении Л.С. Зенищевой), степень и частоту трансгрессии по отношению к родительской форме. [1, 2]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для искусственной гибридизации были подобраны родительские формы по морфологическим признакам (табл. 1).

Материнские формы имели рецессивный (белый) ген окраски венчика цветка, отцовские — доминантный с фиолетовой. После скрещивания больше всего созревших бобов (40 %) было у межвидовых гибридов в двух комбинациях *Интрига* x *КБл-30* и *Интрига* x *КМ-705*. От *Китросса* x *Тундра* получено 30 % внутривидовых гибридов, *Невеста* x *Хэди* — 10 % (табл. 2).

В 2019 году после искусственной гибридизации по семи гибридным комбинациям было получено 37 растений, в том числе 26 культурного и 11 промежуточного типа. По данным других исследователей уже на первых этапах оценки гибридов первого поколения выделяются ценные комбинации в хозяйственном и селекционном отношении. [10] Оценка по количеству продуктивных узлов и бобов полученных нами гибридов F_1 от ♀ *Китросса* x ♂ *КБл-18* показала отклонение в сторону дикой сои, семян — превышение относительно культурной и дикой сои (табл. 3). Масса 1000 семян была выше, чем у отцовской дикой формы в 2,4 раза, но в 2 раза меньше материнской.

В комбинации ♀ *Китросса* x ♂ *КЗ-671* показатели по числу продуктивных узлов и бобов, массе и количеству семян у гибридов F_1 были выше, чем у растительной отцовской формы, но меньше, чем у материнской. Растения F_1 уже в первом поколении по массе 1000 семян приблизились к материнской форме. По количеству продуктивных узлов и бобов в комбинации ♀ *Интрига* x ♂ *КБл-30* гибриды в большей

Характеристика родительских форм сои

Таблица 1.

Исходная форма	Окраска			Форма листа
	опушения	венчика	семян	
♀ <i>Китросса</i>	Серо-бурая	Белая	Желтая	Ланцетовидная
♀ <i>Интрига</i>	Рыжевато-коричневая	Белая	Ярко-желтая	Заостренно-яйцевидная
♀ <i>Невеста</i>	Серая	Белая	Желтая	Ланцетовидная
♀ <i>Хэйхэ27</i>	Рыжая	Белая	Желтая	Широкояйцевидная
♂ <i>КБл-18</i>	Рыжая	Фиолетовая	Черная	Мелкая, узкая
♂ <i>КЗ-671</i>	Рыжая	Фиолетовая	Черная	Мелкая, узкая
♂ <i>КБл-30</i>	Рыжая	Фиолетовая	Черная	Мелкая, узкая
♂ <i>КМ-705</i>	Рыжая	Фиолетовая	Черная	Мелкая, узкая
♂ <i>Хэди</i>	Серая	Фиолетовая	Желто-зеленая	Заостренно-яйцевидная
♂ <i>Тундра</i>	Светло-серая	Фиолетовая	Желтая	Широкояйцевидная

Таблица 2.

Меж- и внутривидовые гибриды сои искусственной гибридизации, 2018 год

Происхождение	Количество, шт.			
	опыленных цветков	бобов		семян для посева
		завязавшихся	созревших	
♀ Китросса х ♂ КБл-18	10	3	2	5
♀ Интрига х ♂ КБл-30	10	5	4	8
♀ Китросса х ♂ КЗ-671	10	2	2	6
♀ Интрига х ♂ КМ-705	1-	4	4	8
♀ Невеста х ♂ Хэди	10	1	1	2
♀ Хэйхэ 27 х ♂ Тундра	10	2	2	3
♀ Китросса х ♂ Тундра	10	3	3	8
Итого:	70	21	18	40

Таблица 3.

Степень фенотипического доминирования и гетерозиса у меж- и внутривидовых гибридов первого поколения, 2019 год

Показатель	♀ Китросса х ♂ КБл-18					♀ Китросса х ♂ КЗ-671					♀ Интрига х ♂ КБл-30				
	♀	F1	♂	Г, %	h _p	♀	F1	♂	Г, %	h _p	♀	F1	♂	Г, %	h _p
Количество, шт															
продуктивных узлов	11	31	41	-24	0,3	9	18	39	-53,8	-0,4	9	18	39	-54	0,4
бобов	11	48	85	-44	0	12	26	85	-68,6	-0,6	14	35	76	-54	-0,3
семян с растения	25	69	44	-91	-0,9	25	40	530	-92,4	-0,9	32	47	740	-94	-0,9
Масса, г											4,6	4,5	9,8		
семян с растения	3,8	5,0	15,4	-68	-0,7	3,7	4,2	17,9	-76,5	-0,9	4,6	4,5	9,8	-54	-1,03
1000 семян	144,2	72,0	29,3	-50	-0,3	158,3	119,0	29,0	-24,8	0,4	144,2	107,7	22,0	-25	0,4

Примечание. Г — степень гетерозиса, h_p — степень фенотипического доминирования (то же в табл. 4, 5).

Таблица 4.

Степень фенотипического доминирования и гетерозиса у меж- и внутривидовых гибридов первого поколения, 2019 год

Показатель	♀ Интрига х ♂ КМ-705					♀ Невеста х ♂ Хэди					♀ Хэйхэ 27 х ♂ Тундра				
	♀	F1	♂	Г, %	h _p	♀	F1	♂	Г, %	h _p	♀	F1	♂	Г, %	h _p
Количество, шт															
продуктивных узлов	8	10	56	-82	-0,9	4	5	8	-36	-0,5	20	21	19	5	0,3
бобов	10	17	106	-84	-0,9	4	5	10	-50	-0,7	15	17	15	13	0,38
семян с растения	27	39	1007	-96	-1,0	11	12	21	-43	-0,8	11	16	11	45	0
Масса, г															
семян с растения	3,4	5,7	38,7	-85	-0,9	1,8	2,2	4,0	-45	-0,6	1,9	2,9	2,0	45	0,02
1000 семян	153,7	153,0	43,0	-0,5	1,0	161,6	200,0	188,6	6	1,8	200,0	200,0	190,0	0	1,0

степени наследовали эти показатели от отцовской формы, а по массе и количеству семян с растения и массе 1000 семян — от материнской. По всем пяти признакам они уступали обеим родительским формам, но имели преимущества по массе семян относительно дикой родительской формы. У ♀ Интрига х ♂ КМ-705, ♀ Невеста х ♂ Хэди, ♀ Хэйхэ 27 х ♂ Тундра по первым четырем признакам наблюдали промежуточное наследование от обоих родителей (табл. 4).

Несмотря на то, что среднее значение признаков по изучаемым показателям у гибридов ниже исходных форм, они имели крупные семена, наследуя этот признак от матери. По числу продуктивных узлов, бобов, массе и количеству семян с растения наследование проходило в большей степени от отцовских форм. Гибриды F1 не превосходили лучшую родительскую форму ни по одному из признаков.

Образцы, полученные при внутривидовой гибридизации ♀ Невеста х ♂ Хэди, превосходили сорт Невеста в большей степени по семенной продуктивности. Масса 1000 семян была выше, чем у растений материнской формы на 38,4 г. Наследование проходило по типу сверхдоминирования — h_p > 1, с наиболее высоким значением гетерозиса. Внутривидовые гибриды в комбинации ♀ Хэйхэ 27 х ♂ Тундра превосходили родительские формы по количеству бобов (13 %), массе семян с растения и количеству семян (45), ♀ Китросса х ♂ Тундра — числу продуктивных узлов (80) и бобов (83), количеству семян с растения (5 %) (табл. 5).

Масса семян с растения наследовалась от отцовской формы, а крупность — от материнской. Гибриды по количеству семян с растения превышали родительские формы (положительное сверхдоминирование, h_p > 1). Наибольшие значения гетерозиса

Таблица 5.
Фенотипическое доминирование и гетерозис у внутривидовых гибридов первого поколения, 2019 год

Показатель	♀ <i>Китросса</i> × ♂ <i>Тундра</i>				
	♀	F1	♂	Г, %	h _p
Количество, шт.					
продуктивных узлов	4	9	5	80	0,9
бобов	5	11	6	83	0,11
семян с растения	9	15	11	36	5,0
Масса, г					
семян с растения	1,2	1,6	1,8	-11	0,03
1000 семян, г	133,0	122,0	157,5	-23	-1,89

отмечены по количеству продуктивных узлов и бобов. Самый высокий уровень гетерозиса выявлен в комбинациях, где в качестве отцовской формы использовали сорт *Тундра*, который проявил доминирование в скрещивании с *Китросса* уже в первом поколении при создании нового генотипа.

При скрещивании культурных сортов с дикими формами гетерозис не проявился в первом поколении ни по одному из хозяйственно ценных признаков. Продуктивными были гибриды, полученные при внутривидовой гибридизации культурных форм.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. / Б.А. Доспехов. — М.: «Агропромиздат», 1985. — 351 с.
- Зенищева, Л.С. Наследуемость количественных признаков, определяющих устойчивость растений к полеганию / Л.С. Зенищева // С.-х. биология. — 1968. — Т. 3. — № 5. — С. 780–794.
- Каталог сортов сои / Н.Д. Фокина, Г.Н. Беляева [и др.]. — Благовещенск: ООО «ИПК «Одеон», 2021. — 69 с.
- Козак, М.Ф. Результаты исследований гибридов культурной и дикорастущей сои / М.Ф. Козак // Биология. Агрономия и растениеводство. Естественные науки. — 2018. — № 1 (62). — С. 7–27.
- Лимарева, Е.А. Наследование количественных признаков, гетерозис и трансгрессии у гибридов сои / Е.А. Лимарева // Научное обеспечение соеводства Дальнего востока и Сибири. Сборник научных трудов, 2006. — С. 50–55.
- Малыш, К.К. Некоторые вопросы биологии сои, связанные с методикой гибридизации / К.К. Малыш, Т.П. Рязанцева // Труды Амурской сельскохозяйственной опытной станции. — Хабаровск, 1968. — Т. 2. — Вып. 1. — С. 38–48.
- Минькач, Т.В. Селекционно-генетический анализ межвидовых гибридов сои первого поколения. / Т.В. Минькач, О.А. Селихова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2019. — № 8 (178). — С. 48–54.
- Минькач, Т.В. Проявление репродуктивного гетерозиса у гибридов сои первого поколения. / Т.В. Минькач, О.А. Селихова // Сб. науч. статей по мат. науч.-практ. конф.: Состояние и перспективы селекции и семеноводства основных сельскохозяйственных культур. — Уссурийск (18-19 июля 2019 г.). — 2019. — С. 60–68.
- Минькач, Т.В. Оценка внутривидовых гибридов на первом этапе селекционного процесса / Т.В. Минькач // Дальневосточный аграрный вестник. — 2018. — № 3 (47). — С. 47–51.
- Фокина, Е.М. Наследование хозяйственно ценных признаков и гетерозис у гибридов сои F1/ Е.М. Фокина, С.А. Титов, О.А. Губенко // Дальневосточный аграрный вестник: науч.-практ. ж. — 2020. — Вып. 3 (55). — С. 76–81.
- Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta./ B.A. Dospekhov. — M.: «Agro-promizdat», 1985. — 351 s.
- Zenishcheva, L.S. Nasleduemost' kolichestvennykh priznakov, opredelyayu-shchih ustojchivost' rastenij k poleganiyu/ L.S. Zenishcheva // S.-h. biologiya. — 1968. — T. 3. — № 5. — S. 780–794.
- Katalog sortov soi / N.D. Fokina, G.N. Belyaeva [i dr.]. — Blagoveshchensk: ООО «ИПК «Одеон», 2021. — 69 s.
- Kozak, M.F. Rezul'taty issledovaniy gibrinov kul'turnoj i dikorastu-shchej soi / M.F. Kozak // Biologiya. Agronomiya i rastenievodstvo. Estestvennye nauki. — 2018. — № 1 (62). — S. 7–27.
- Limareva, E.A. Nasledovanie kolichestvennykh priznakov, geterozis i transgressii u gibrinov soi / E.A. Limareva // Nauchnoe obespechenie soevodstva Dal'nego vostoka i Sibiri. Sbornik nauchnykh trudov, 2006. — S. 50–55.
- Malysh, K.K. Nekotorye voprosy biologii soi, svyazannye s metodikoj gibrinizacii / K.K. Malysh, T.P. Ryazanceva // Trudy Amurskoj sel'skoho-zyajstvennoj opytnoj stancii. — Habarovsk, 1968. — T. 2. — Vyp. 1. — S. 38–48.
- Min'kach, T.V. Selekcionno-geneticheskij analiz mezhyidovykh gibrinov soi pervogo pokoleniya. / T.V. Min'kach, O.A. Selihova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. — 2019. — № 8 (178). — S. 48–54.
- Min'kach, T.V. Proyavlenie reproduktivnogo geterozisa u gibrinov soi pervogo pokoleniya. / T.V. Min'kach, O.A. Selihova // Sb. nauch. statej po mat. nauch.-prakt. konf.: Sostoyanie i perspektivy selekcii i semenovodstva osnovnykh sel'skohozyajstvennykh kul'tur. — Ussurijsk (18-19 iyulya 2019 g.). — 2019. — S. 60–68.
- Min'kach, T.V. Ocenka vnutrividovykh gibrinov na pervom etape selekci-onnogo processa / T.V. Min'kach // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. — 2018. — № 3 (47). — S. 47–51.
- Fokina, E.M. Nasledovanie hozyajstvenno cennykh priznakov i geterozis u gibrinov soi F1/ E.M. Fokina, S.A. Titov, O.A. Gubenko // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik: nauch.-prakt. zh. — 2020. — Vyp. 3 (55). — S. 76–81.