

## СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

### SELECTION, SEED FARMING, AND PLANT BIOTECHNOLOGY

#### Научная статья

УДК: 575.222.78:636.082.12:633.853.52

EDN: EXFFMZ

<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-2-41-48>

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОЗИСА И НАСЛЕДОВАНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗНАКОВ У РЕЦИПРОКНЫХ ГИБРИДОВ СОИ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

**Дина Раисовна Разанцвей, Евгения Михайловна Фокина, Галина Николаевна Беляева, Оксана Анатольевна Губенко**

Всероссийский научно-исследовательский институт сои, г. Благовещенск, Россия, [rdr@vniisoi.ru](mailto:rdr@vniisoi.ru)

**Аннотация.** Представлены результаты анализа наследования основных хозяйственно полезных признаков гибридами сои  $F_1$ , полученными при участии нетипичной формы сои с использованием показателей степени фенотипического доминирования и гетерозиса. Проведена оценка восьми простых рецiproкных комбинаций сои по восьми количественным признакам: общее количество узлов, бобов, семян, масса семян с одного растения, масса 1000 семян, высота растения, высота прикрепления нижнего боба, количество бобов на верхушке главного стебля. Исследования проводили в лаборатории селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои в 2022–2023 гг. Исходные родительские формы были подобраны на основании принципа генетической дивергенции. В рецiproкных скрещиваниях использовали высокопродуктивные сорта сои Дальневосточной селекции различных групп спелости: ультраскороспелый Топаз, скороспелый Ляна, среднеспелый Невеста и позднеспелый Хабаровский юбилей в сочетании со среднеспелой нетипичной формой (Л.15244 т. к. х Л.15185 ф. с.). Искусственное скрещивание осуществляли в 2022 г. Сравнительный анализ гибридов  $F_1$  и их родительских форм проводили в 2023 г. В результате проведённых исследований был определён характер наследования основных хозяйственно полезных признаков, уровень рассматриваемых показателей значительно варьировал от сверхдоминирования высокого показателя до депрессии. В процессе изучения было установлено, что вклад материнской и отцовской форм в генотип потомства по отдельным количественным признакам неравноценен. Сверхдоминирование и положительный гетерозис отмечены во всех изучаемых комбинациях по 2...6 признакам, слагающим продуктивность, но их величина существенно изменялась ( $h_p = 1,1...52,0$ ;  $\Gamma = 0,9$  до 89,7 %) в зависимости от рассматриваемого признака, комбинации скрещивания и от того, какая родительская форма выступала в качестве отцовского или материнского компонента.

**Ключевые слова:** соя, нетипичные формы, рецiproкные гибриды, селекция, гетерозис, степень фенотипического доминирования, хозяйственно ценные признаки.

**Для цитирования:** Определение гетерозиса и наследование хозяйственно полезных признаков у рецiproкных гибридов сои первого поколения / Д. Р. Разанцвей, Е. М. Фокина, Г. Н. Беляева, О. А. Губенко // *Агронаука*. 2024. Том 2. № 2. С. 41–48. EDN: EXFFMZ. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-2-41-48>

#### Original article

#### BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF HERBICIDE TREATMENTS OF SOYBEAN CROPS AND THEIR INFLUENCE ON PRODUCTIVITY

**Dina R. Razantsvey, Evgenia M. Fokina, Galina N. Belyaeva, Oksana A. Gubenko**

All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk, Russia, [rdr@vniisoi.ru](mailto:rdr@vniisoi.ru)

© Разанцвей Д. Р., Фокина Е. М., Беляева Г. Н., Губенко О. А., 2024

**Abstract.** The results of analyzing inheritance of the main economic traits by F<sub>1</sub> soybean hybrids obtained with the participation of an atypical form of soybean using indicators of the degree of phenotypic dominance and heterosis are presented. Eight simple reciprocal soybean combinations were assessed for eight quantitative traits: total number of nodes, beans, seeds, weight of seeds per plant, weight of 1,000 seeds, plant height, lower bean attachment height, number of beans at the top of the main stem. The research was performed at the Selection Laboratory of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Research Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean" in 2022–2023. The original parental forms were selected based on the genetic divergence principle. High-yielding soybean varieties of Far Eastern selection of different ripeness groups were used in reciprocal crosses: ultra-early-ripening Topaz, early-ripening Lyana, mid-ripening Nevesta and late-ripening Khabarovsk Yubilyar in combination with a mid-ripening atypical form (*L.15244 t. b. x L.15185 f. s.*). Forced crosses were performed in 2022. A comparative analysis of F<sub>1</sub> hybrids and their parental forms was conducted in 2023. As a result of the studies, the nature of inheritance of the main economic traits was determined, the level of the examined indicators varied significantly from overdominance of a high indicator to depression. During the research study, it was found that the contribution of the maternal and paternal forms to the offspring genotype for certain quantitative traits was unequal. Overdominance and positive heterosis were observed in all the studied combinations for 2 to 6 traits constituting productivity, but their value varied significantly ( $h_p = 1.1$  to 52.0;  $G=0.9$  to 89.7 %) depending on the trait under examination, crossing combination and which parental form acted as the paternal or maternal component.

**Keywords:** soybean, atypical forms, reciprocal hybrids, selection, heterosis, degree of phenotypic dominance, economic traits.

**For citation:** Razantsvey DR, Fokina EM, Belyaeva GN, Gubenko OA. Opredelenie geterozisa i nasledovanie khozyaistvenno poleznykh priznakov u retsiproknykh gibridov soi pervogo pokoleniya. *Agronauka. Agrosience*. 2024;2:2:41–48. (in Russ.). EDN: EXFFMZ. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-2-41-48>

## Введение

На современном этапе селекционных исследований актуальна задача выведения сортов нового поколения различных групп спелости, которые должны обладать адаптивностью к условиям возделывания и обеспечивать стабильно высокую урожайность [1].

Как известно, главная цель селекционных преобразований заключается в создании нового материала с улучшенными признаками и свойствами [2]. Для достижения этой цели наиболее приемлемым является использование разнокачественного исходного материала в связи с тем, что по заключению ряда авторов, чем большие различия имеют исходные родительские формы, тем больше вероятность получения гетерозисного потомства превосходящего своих родителей по ряду хозяйственно ценных признаков [3–5].

Во Всероссийском НИИ сои продолжают работы перспективного направления по использованию нетипичных форм соевых растений (с люпинообразным типом роста и фасцированным стеблем, с увеличенным количеством листьев на черешке

5...7...9 шт., с густым войлочным опушением и т. д.). Использование данных форм как исходного материала при создании новых генотипов способствует расширению генетической основы современных сортов, повышая потенциал продуктивности сои [6, 7].

До настоящего времени основным методом при создании сортов сои остаётся внутривидовая гибридизация. Однако при подборе исходных родительских компонентов нередко возникает дилемма, какой генотип лучше использовать в качестве материнской, а какой в качестве отцовской формы, поэтому нередко селекционеры прибегают к применению рецiproкных скрещиваний. Прямые и обратные скрещивания позволяют выявить, зависит ли данный конкретный признак от того, кто из родителей – мать или отец – передал гибриду ген, определяющий изучаемый признак.

Существует мнение, что рецiproкные гибриды неравноценны и материнская форма больше влияет на гибридное потомство, поэтому целесообразней в качестве материнской формы в скрещиваниях использовать более продуктивный сорт [8, 9].

**Цель исследования** – определение характера наследования отдельных хозяйственно полезных признаков у реципрокных гибридов сои первого поколения, полученных при участии нетипичной формы сои с применением показателей степени фенотипического доминирования и гетерозиса.

#### **Условия, материалы и методы**

Исследования проводили в 2022–2023 гг. на опытном поле ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои (с. Садовое, Тамбовский район). Материалом слу-

жили 8 гибридных комбинаций, полученных путём реципрокных скрещиваний четырёх сортов сои селекции ВНИИ сои разных групп спелости: Топаз (99 дней), Ляна (106 дней), Невеста (115 дней) и Хабаровский юбиляр (120 дней) с нетипичной по морфологическим признакам, гибридной формой (*Л.15244. так как х Л.15185 ф. с.*) (110 дней) с фасцированным стеблем и люпинообразным типом роста, существенно отличающейся по расположению бобов на стебле от обычных растений сои (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Гибридная форма (*Л.15244 так как х Л.15185 ф. с.*) с фасцированным стеблем и терминальным соцветием в виде головки**

**Figure 1 – Hybrid form (*L.15244 because x L.15185 f. s.*) with a fasciated stem and a terminal inflorescence in the form of a head**

Скрещивание специально подобранных пар проводили методом искусственной гибридизации в 2022 г. по методике К. К. Малыша и Т. П. Рязанцевой [10]. Объектом исследований в 2023 году служили гибриды сои первого поколения в сравнении с ис-

ходными родительскими формами. Гибриды  $F_1$  высевали вручную блоками «материнская форма – гибрид – отцовская форма». Расстояние между рядками 90 см, между растениями – 10 см. В период вегетации (всходы, цветение, созревание) проводи-

ли фенологические наблюдения и полевые оценки. Осуществляли уборку, биометрический анализ и обмолот индивидуально каждого растения.

На основании сравнительного анализа гибридов  $F_1$  и родительских форм по каждой комбинации были определены степень фенотипического доминирования ( $h_p$ ) и истинный гетерозис ( $G$ , %) по основным хозяйственно ценным признакам, слагающим продуктивность (общему числу бобов, узлов, семян с растения, числу бобов на верхушке главного стебля, по массе семян с растения, массе 1000 семян, высоте растения, высоте прикрепления нижнего боба). Значения  $1 < h_p < \infty$  отражали сверхдоминирование или истинный гетерозис, при  $0,5 < h_p < 1$  – неполное доминирование, при  $-0,5 < h_p < 0,5$  промежуточное наследование, при  $-1 < h_p < -0,5$  – доминирование низкого показателя или эффект отрицательного доминирования, при  $h_p < -1$  – гибридная депрессия [11].

### Результаты и обсуждение

Гибридологическая оценка позволила выявить, что все 8 потомств  $F_1$ , полученных

от рецiproкных скрещиваний сортов с нетипичной формой, отличалось обычным стеблем без признаков фасциации. При проведении биометрического анализа были определены средние значения признаков родителей и гибридов.

Установлено, что исходные родительские формы существенно различались между собой как по морфологическим, так и по хозяйственно ценным признакам. В результате анализа биометрических данных был определён характер наследования 8 хозяйственно полезных признаков у рецiproкных гибридов  $F_1$  (таблица 1).

Общеизвестно, что основными признаками, слагающими продуктивность растений сои, являются общее количество узлов, бобов, семян, масса семян с растения и масса 1000 семян.

В данных исследованиях по признаку «общее количество узлов» практически во всех комбинациях отмечено превосходство гибридных форм над лучшим из родителей за исключением комбинации ♀ Ляна × ♂ (Л.15244 так как × Л15185 ф. с.), гибриды которой проявили неполное доминирование

**Таблица 1 – Гетерозис и степень фенотипического доминирования у рецiproкных гибридов сои  $F_1$  по основным элементам продуктивности, 2023 г.**

**Table 1– Heterosis and the degree of phenotypic dominance in reciprocal  $F_1$  soybean hybrids according to the main elements of productivity, 2023**

Гибридная комбинация	Общее количество			Масса	
	узлов	бобов	семян	семян с растения	1000 семян
♀ (Л15244 так как × Л15185 ф. с.) × ♂ Топаз	<u>11,1</u> 1,6	<u>-5,5</u> 0,5	<u>5,6</u> 1,4	<u>3,5</u> 1,3	<u>2,8</u> 1,3
♀ Топаз × ♂ (Л15244 так как × Л15185 ф. с.)	<u>22,2</u> 2,3	<u>-1,1</u> 0,9	<u>8,7</u> 1,7	<u>8,8</u> 1,8	<u>-2,3</u> 0,7
♀ (Л15244 так как × Л15185 ф. с.) × ♂ Ляна	<u>8,0</u> 1,5	<u>-15,5</u> -0,4	<u>5,0</u> 1,4	<u>4,4</u> 1,6	<u>-14,1</u> 0,1
♀ Ляна × ♂ (Л15244 так как × Л15185 ф. с.)	<u>-4,0</u> 0,7	<u>-12,2</u> -0,1	<u>-1,8</u> 0,8	<u>0,9</u> 1,1	<u>-15,9</u> 0,05
♀ (Л15244 так как × Л15185 ф. с.) × ♂ Невеста	<u>27,2</u> 4,0	<u>-23,3</u> -0,6	<u>11,2</u> 2,1	<u>13,0</u> 4,5	<u>-5,4</u> 0,5
♀ Невеста × ♂ (Л15244 так как × Л15185 ф. с.)	<u>13,6</u> 2,5	<u>-25,5</u> -0,7	<u>3,7</u> 1,3	<u>1,2</u> 1,3	<u>-1,6</u> 0,8
♀ (Л15244 так как × Л15185 ф.с.) × ♂ Хабаровский юбиляр	<u>28,6</u> 5,0	<u>-11,1</u> -0,3	<u>16,2</u> 2,4	<u>12,6</u> 2,1	<u>-10,1</u> -0,01
♀ Хабаровский юбиляр × ♂ (Л15244 так как × Л15185 ф. с.)	<u>4,7</u> 1,6	<u>-14,4</u> -0,7	<u>10,6</u> 1,2	<u>7,1</u> 1,6	<u>-9,1</u> 0,1

Примечание: над чертой – величина гетерозиса ( $G$ , %), под чертой – степень фенотипического доминирования ( $h_p$ ).

ние высокого показателя  $h_r = 0,7$  и отсутствие гетерозиса. В остальных комбинациях отмечен эффект сверхдоминирования гибридных форм по отношению к родительским компонентам и проявление гетерозиса ( $G$  от 4,7 до 28,6 %;  $h_r$  от 1,5 до 5,0 %). Наиболее высокий гетерозис по данному признаку зафиксирован в прямых комбинациях нетипичной формы сои с сортами Невеста и Хабаровский юбиляр  $G = 27,2$  и 28,6 % соответственно. В этих же комбинациях отмечена наиболее высокая степень фенотипического доминирования  $h_r = 4$  и 5 соответственно.

По признаку «количество бобов» на растении гибриды  $F_1$  всех изучаемых комбинаций не превосходили нетипичную форму сои (*Л15244 так как х Л15185 ф. с.*), но имели показатели выше всех остальных родительских форм по данному признаку. При этом у гибридов, полученных с сортом Топаз, отмечено неполное доминирование высокого показателя ( $h_r = 0,5$  и  $0,9$ ) как в прямой, так и в обратной комбинации. У гибридов, полученных с участием сорта *Ляна* и прямой комбинации *♀ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) х ♂ Хабаровский юбиляр* отмечено промежуточное наследование ( $h_r = -0,1...-0,4$ ), вызванное аддитивным эффектом генов, в остальных комбинациях зафиксировано доминирование низкого показателя ( $h_r = -0,6...-0,7$ ). Для более объективной картины при оценке признака «общее количество бобов на растении» целесообразно проводить фракционный анализ (с подсчётом одно, двух, трёх и четырёхсемянных бобов). В наших исследованиях лучшая по данному признаку родительская форма (*Л15244 так как х Л15185 ф. с.*), отличалась наличием большого количества в основном одно и двухсемянных бобов, при том, что у рецiproкных гибридов, полученных с сортами Топаз и *Ляна*, преобладали двух и трёхсемянные бобы, у гибридных форм с участием среднеспелого сорта *Невеста* и позднеспелого *Хабаровский юбиляр* – трёх – и четырёхсемянные.

По признаку «количество семян» с растения по семи комбинациям зафиксировано сверхдоминирование и гетерозис, но уро-

вень его значительно варьировал в зависимости от исходных родительских форм. Гибриды комбинации *♀ Ляна х ♂ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.)* не превосходили лучшую родительскую форму и отличались неполным доминированием высокого показателя. Следует отметить, что преимущественно более высокие значения гетерозиса отмечены в комбинациях, где нетипичная форма выступала в качестве материнского компонента. Наиболее высокие значения гетерозиса отмечены у гибридов прямых комбинаций, созданных с участием среднеспелого и позднеспелого сортов.

По основному признаку продуктивности массе семян с растения все рецiproкные гибриды незначительно превосходили своих родителей. Наследование проходило по типу положительного сверхдоминирования  $h_r > 1$ , величина гетерозиса варьировала от 0,9 до 13,0 %. Значимые показатели гетерозиса отмечены у гибридов  $F_1$  прямых комбинаций – *♀ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) х ♂ Невеста* и *♀ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) х ♂ Хабаровский юбиляр* ( $G = 13,0$  и  $12,6$  %) соответственно.

По массе 1000 семян только в одной комбинации – *♀ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) х ♂ Топаз* гибридные формы незначительно превосходили лучшего из родителей, уровень гетерозиса составил 2,8 %. В трёх комбинациях: *♀ Топаз х ♂ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.)*, *♀ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) х ♂ Невеста* и *♀ Невеста х ♂ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.)* наблюдалось неполное доминирование высокого показателя ( $h_r = 0,5...0,8$ ), в четырёх – рецiproкных, созданных при участии сортов *Ляна* и *Хабаровский юбиляр* – отмечено промежуточное наследование.

Помимо основных признаков, влияющих на продуктивность культуры, существуют и немаловажные, косвенные, которые в формировании урожая играют второстепенную роль. У сои это такие признаки, как высота растения и высота прикрепления нижнего боба. В наших исследованиях также было проведено установление наследуемости у гибридов  $F_1$  по признаку «количество бобов на верхушке растения» (таблица 2).

**Таблица 2 – Гетерозис и степень фенотипического доминирования у реципрочных гибридов сои F<sub>1</sub> по косвенным элементам продуктивности, 2023 г.****Table 2 – Heterosis and the degree of phenotypic dominance in reciprocal F<sub>1</sub> soybean hybrids according to indirect elements of productivity, 2023**

Гибридная комбинация	Высота		Кол-во бобов на верхушке
	растения	прикрепления нижнего боба	
♀ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) х ♂ Топаз	<u>9,8</u> 10,1	<u>9,6</u> 1,7	<u>-83,3</u> -0,8
♀ Топаз х ♂ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.)	<u>15,7</u> 15,5	<u>89,7</u> 7,7	<u>-91,6</u> -1,0
♀ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) х ♂ Ляна	<u>-2,7</u> 0,6	<u>52,7</u> 39,5	<u>-83,3</u> -0,7
♀ Ляна х ♂ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.)	<u>-22,6</u> -1,9	<u>69,8</u> 52,0	<u>-88,3</u> -0,9
♀ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) х ♂ Невеста	<u>-2,5</u> 0,7	<u>-25,5</u> -0,2	<u>-95,0</u> -1,0
♀ Невеста х ♂ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.)	<u>-0,1</u> 0,9	<u>-23,5</u> -0,1	<u>-95,0</u> -1,0
♀ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) х ♂ Хабаровский юбиляр	<u>6,4</u> 2,3	<u>11,8</u> 2,3	<u>-85,0</u> -0,9
♀ Хабаровский юбиляр х ♂ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.)	<u>1,8</u> 1,3	<u>30,9</u> 4,4	<u>-91,6</u> -1,1

Примечание: над чертой – величина гетерозиса (Г, %), под чертой – степень фенотипического доминирования (hp).

При рассмотрении признака «высота растений» установлено, что гетерозис проявился в прямых и обратных комбинациях с сортами Топаз и Хабаровский юбиляр, при этом гетерозисный эффект в комбинациях с сортом Топаз был выше, когда линия (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) выступала в качестве отцовской формы (Г = 15,7 %), а с сортом Хабаровский юбиляр, в качестве материнской (Г = 6,4 %). В прямой комбинации с сортом Ляна и реципрочных Невеста отмечено неполное доминирование высокого показателя (hp = 0,6...0,9), гибриды не превзошли лучшую родительскую форму по рассматриваемому признаку. В обратной комбинации с сортом Ляна выявлена депрессия признака.

По высоте прикрепления нижнего боба в шести реципрочных комбинациях с сортами Топаз, Ляна и Хабаровский юбиляр наблюдался эффект сверхдоминирования. Величина гетерозиса в зависимости от комбинации изменялась от 9,6 до 98,7 %. Наибо-

лее существенное превосходство гибридов над лучшим родителем отмечено в комбинациях обратного скрещивания ♀ Топаз х ♂ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) – Г=89,7 % и Ляна х (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) – Г = 69,8 %. В прямой и обратной комбинации с сортом Невеста по этому признаку отмечено промежуточное наследование.

Анализ данных по признаку количество бобов на верхушке показал, что все реципрочные гибриды проявили депрессию в сравнении с лучшей родительской формой.

### Выводы

При анализе проявления гетерозиса и степени фенотипического доминирования у реципрочных гибридов F<sub>1</sub> установлен неравноценный вклад материнской и отцовской форм в генотип потомства по отдельным количественным признакам.

Истинный гетерозис проявился во всех гибридных комбинациях по 2...6 признакам, слагающим продуктивность: общее количе-

ство узлов, семян и масса семян с растения, масса 1000 семян, высоте растения, высота прикрепления нижнего боба – но его величина существенно варьировала в зависимости от исходных родительских форм и рассматриваемого признака от 0,9 до 89,7 %.

В комбинациях скрещивания нетипичной формы сои (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) с сортом Топаз сверхдоминирование и гетерозис отмечены по 6 признакам в прямой комбинации и по 5 – в обратной. В комбинациях с участием сорта Ляна гибриды F<sub>1</sub> имели преимущество над лучшим из родителей по 4 признакам в прямой и только по 2 в обратной комбинации. У рецiproкных гибридов, полученных со среднеспелым сортом Невеста, сверхдоминирование и эффект гетерозиса зафиксированы по 3

признакам как в прямой, так в обратной комбинациях, с сортом Хабаровский юбиляр по 5 признакам, также при различном сочетании исходных родительских форм.

По основному элементу продуктивности массы семян с растения наиболее высокие показатели изучаемых величин отмечены у гибридов F<sub>1</sub> двух прямых комбинаций – ♀ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) х ♂ Невеста (Г = 13,0 %; hr = 4,5) и ♀ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) х ♂ Хабаровский юбиляр (Г = 12,6 %; hr = 2,1).

Наиболее высокий уровень гетерозиса отмечен по признаку «высота прикрепления нижнего боба» в комбинациях обратного скрещивания ♀ Топаз х ♂ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) – Г = 89,7 % и ♀ Ляна х ♂ (Л15244 так как х Л15185 ф. с.) – Г = 69,8 %.

#### Список источников

1. Синеговская В. Т. Научное обеспечение эффективного развития селекции и семеноводства сои на Дальнем Востоке // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. 25(4). С. 374–380. <https://doi.org/10.18699/VJ21.05>
2. Zhao Q., Shi X., Yan L., Yang C., Liu C., Feng Y., Liao H. Characterization of the common genetic basis underlying seed hilum size, yield, and quality traits in soybean // *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. P. 183. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.610214>
3. Фокина Е. М., Титов С. А., Губенко О. А. Наследование хозяйственно ценных признаков и гетерозис у гибридов сои F<sub>1</sub> // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 3(55). С. 76–82. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-13036>
4. Соя на Дальнем Востоке / А. П. Ващенко, Н. В. Мудрик, П. П. Фисенко, Л. А. Дега, Н. В. Чайка, Ю. С. Капустин; науч. ред. А. К. Чайка; Россельхозакадемия, ДВ РНЦ, Приморский НИИСХ. Владивосток: Дальнаука, 2010. 435 с. ISBN 978-5-8044-1080-4
5. Селекционно-генетический анализ гибридов сои первого – третьего поколения / Е. С. Бутовец, Е. А. Васина, Г. О. Кукуруза [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 4(60). С. 15–22. <https://doi.org/10.24412/1999-6837-2021-4-15-22>
6. Фокина Е. М., Беяева Г. Н., Разанцев Д. Р. Использование зародышевой плазмы нетипичных форм сои в селекции // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 8–15. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10801>
7. Фокина Е. М., Ващенко А. П. Использование нетипичных форм сои в селекционном процессе // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2008. № 2(139). С. 52–55. EDN KHNBNK.
8. Фадеев А. А., Фадеева М. Ф., Воробьева Л. В. Определение гетерозиса у рецiproкных гибридов сои F<sub>1</sub> // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 2(45). С. 10–14.
9. Обыдало Д. И. Эффективность отбора из гибридных популяций арахиса при рецiproкных скрещиваниях // Бюллетень НТИ по масличным культурам. Краснодар: ВНИИМК, 1976. Вып.1. С. 56–58.
10. Малыш К. К., Рязанцева Т. П. Некоторые вопросы биологии сои, связанные с методикой гибридизации // Труды Амурской сельскохозяйственной опытной станции. Хабаровск, 1968. Т. 2. Вып. 1. С. 38–48.
11. Федин М. А., Силис Д. Я., Смирязев А. В. Статистические методы генетического анализа. Москва: Колос, 1980. 207 с.

#### References

1. Sinegovskaya VT. Nauchnoe obespechenie effektivnogo razvitiya seleksii i semenovodstva soi na Dal'nem Vostoke [Scientific support for the effective development of soybean selection and seed production in the Far East]. *Vavilovskii zhurnal seleksii i genetiki*. *Vavilov Journal of Breeding and Genetics*, 2021;25:4:374–380. ISSN: 2500-0462; eISSN: 2500-3259. (in Russ.). <https://doi.org/10.18699/VJ21.05>

2. Zhao Q., Shi X., Yan L., Yang C., Liu C., Feng Y., Liao H. Characterization of the common genetic basis underlying seed hilum size, yield, and quality traits in soybean. *Frontiers in Plant Science*. 2021;12:183. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.610214>
3. Fokina EM, Titov SA, Gubenko OA. Nasledovanie khozyaistvenno tsennykh priznakov i geterozis u gibridov soi F<sub>1</sub> [Inheritance of economically valuable traits and heterosis in F<sub>1</sub> soybean hybrids]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2020;3:55:76–82. (in Russ.). <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-13036>
4. Vashchenko AP, Mudrik NV, Fisenko PP, Dega LA, Chaika NV, Kapustin YuS; Chaika AK. (eds.). *Soya na Dal'nem Vostoke [Soybeans in the Far East]*. Russian Agricultural Academy, Far East Russian Scientific Center, Primorsky Research Institute of Agriculture. Vladivostok: Dalnauka, 2010. 435 p. ISBN 978-5-8044-1080-4. (in Russ.).
5. Butovets ES, Vasina EA, Kukuza GO. Seleksionno-geneticheskii analiz gibridov soi pervogo – tret'ego pokoleniya [Selection and genetic analysis of soybean hybrids of the first – third generation]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2021;60:15–22. (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/1999-6837-2021-4-15-22>
6. Fokina EM, Belyaeva GN, Razantsvei DR. Ispol'zovanie zarodyshevoi plazmy netipichnykh form soi v seleksii [Use of germplasm of atypical forms of soybeans in breeding]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. Achievements of science and technology of agro-industrial complex*. 2020;34:8:8–15. (in Russ.). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10801>
7. Fokina EM, Vashchenko AP. Ispol'zovanie netipichnykh form soi v seleksionnom protsesse [Use of atypical forms of soybean in the breeding process]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur. Oilseed crops. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds*. 2008;2:139:52–55. (in Russ.).
8. Fadeev AA, Fadeeva MF, Vorob'eva LV. Opredelenie geterozisa u retsiprochnykh gibridov soi F<sub>1</sub> [Determination of heterosis in reciprocal F<sub>1</sub> soybean hybrids]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. Agricultural Science of the Euro-North-East*. 2015;2:45:10–14. (in Russ.).
9. Obydalo DI. Effektivnost' otbora iz gibridnykh populyatsii arakhisa pri retsiprochnykh skreshchivaniyakh [Efficiency of selection from hybrid populations of peanuts during reciprocal crosses]. *Byulleten' NTI po maslichnym kul'turam. NTI Bulletin on Oilseed Crops*. Krasnodar: VNIIMK, 1976;1:56–58. (in Russ.).
10. Malyshev KK, Ryazantseva TP. Nekotorye voprosy biologii soi, svyazannye s metodikoi gibridizatsii [Some issues of soybean biology related to hybridization techniques]. *Trudy Amurskoi sel'skokhozyaistvennoi opytnoi stantsii. Proceedings of the Amur Agricultural Experimental Station*. Khabarovsk, 1968;2:1:38–48.
11. Fedin MA, Silis DYa, Smiryayev AV. *Statisticheskie metody geneticheskogo analiza [Statistical methods of genetic analysis]*. Moscow: Kolos, 1980;207 p.

#### Информация об авторах

Д. Р. Разанцевей – ст. науч. сотр.;  
Е. М. Фокина – канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр.;  
Г. Н. Беляева – ст. науч. сотр.;  
О. А. Губенко – лаборант-исследователь

#### Information about the authors

D. R. Razantsvey – Senior Researcher;  
E. M. Fokina – Cand. of Agr. Sci., Leading Researcher;  
G. N. Belyaeva – Senior Researcher;  
O. A. Gubenko – Research Assistant

**Статья поступила в редакцию 15.04.2024;  
одобрена после рецензирования 08.05.2024;  
принята к публикации 08.05.2024**

**The article was submitted 15.04.2024;  
approved after reviewing 08.05.2024;  
accepted for publication 08.05.2024**