

УДК 633.853.52:631.527

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-15-22

Селекционно-генетический анализ гибридов сои первого – третьего поколения

Екатерина Сергеевна Бутовец¹, Евгения Александровна Васина²,
Галина Олеговна Кукуруза³, Татьяна Николаевна Страшненко⁴,
Людмила Михайловна Лукьянчук⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока
имени А. К. Чайки, Приморский край, Уссурийск, Россия

^{1, 2, 3, 4, 5} otdelsoy@mail.ru

Аннотация. Селекционная работа по созданию перспективных сортов сои будет более эффективной, если учитывать и использовать информацию о наследовании признаков и степени их проявления. Целью представленной работы стало определение эффекта гетерозиса и степени фенотипического доминирования у гибридов первого поколения, трансгрессивной изменчивости хозяйственно ценных признаков у гибридных потомств второго и третьего поколений, выделение перспективных линий сои. В результате проведенных исследований, в первом поколении выявлены фенотипическое сверхдоминирование наследования признаков и высокая степень гетерозиса (более 51,0 %) у 54,5 % комбинаций по числу и массе семян с растения. Степень и частота трансгрессии в гибридных популяциях второго и третьего поколения сои варьировали в зависимости от комбинации и поколения. Выделены перспективные линии сои с донорскими свойствами: по числу семян на растении – НИИСХ 4×Тайфун; по массе семян с растения – Тайфун×Ариса, НИИСХ 3×Тайфун и НИИСХ 3×Ариса; по числу бобов на растении – Приморская 96×Киото, НИИСХ 4×Киото и Приморская 96×Тайфун. В большинстве случаев степень трансгрессии гибридов не была связана с ее частотой, в отдельных комбинациях и признаках наблюдалось резкое снижение значений в третьем поколении по сравнению со вторым.

Ключевые слова: соя, гибрид, гетерозис, трансгрессия, комбинация, фенотипическое доминирование

Для цитирования: Бутовец Е. С., Васина Е. А., Кукуруза Г. О., Страшненко Т. Н., Лукьянчук Л. М. Селекционно-генетический анализ гибридов сои первого – третьего поколения // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 15–22. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-15-22.

Selective genetic analysis of soybean hybrids of the first – third generations

Ekaterina S. Butovets¹, Evgeniya A. Vasina², Galina O. Kukuruza³,
Tatiana N. Strashnenko⁴, Ludmila M. Lukyanchuk⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika,
Primorsky Krai, Ussuriysk, Russia

^{1, 2, 3, 4, 5} otdelsoy@mail.ru

Abstract. The work on breeding of promising soybean varieties will be more efficient if the information on trait inheritance and degree of their manifestation is taken into consideration and used henceforth. The purpose of presented work was to identify heterosis effect and a degree of phenotypic dominance of F₁ hybrids, transgressive variation of economically valuable traits of F₂ and F₃ hybrid offspring, and to identify promising soybean lines. As a result of the conducted research, phenotypic overdominance of trait inheritance and a high degree of heterosis (more

than 51.0 %) in F_1 in 54.5 % of combinations by the number and mass of seeds per plant were figured out. The degree and frequency of transgression in F_2 and F_3 hybrid populations of soybean varied depending on combinations and generations. Promising soybean lines with donor traits were identified: by the number of seeds per plant – NIISKH 4×Typhoon; by the mass of seeds per plant – Typhoon×Arisa, NIISKH 3×Typhoon and NIISKH 3×Arisa; by the number of beans per plant – Primorskaya 96×Kyoto, NIISKH 4×Kyoto and Primorskaya 96×Typhoon. In most cases, the degree of hybrid transgression did not correlate with its frequency, in some combinations and characteristics it was observed that values decreased rapidly in F_3 in comparison with F_2 .

Keywords: soybean, hybrid, heterosis, transgression, combination, phenotypic dominance

For citation: Butovets E. S., Vasina E. A., Kukuruzza G. O., Strashnenko T. N., Lukyanchuk L. M. Selective genetic analysis of soybean hybrids of the first – third generations. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 15–22. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-15-22.

Введение. Создание урожайных сортов сои с высокими качественными характеристиками является постоянной задачей на протяжении всей селекционной деятельности учёных [10–12]. Предварительно необходимо изучить гермоплазму сои, которая будет использована в качестве родительских пар при скрещиваниях, знать их положительные и отрицательные стороны, характер наследования [2, 6].

Основным методом конструирования нового исходного материала сои является внутривидовая искусственная гибридизация, вследствие которой можно получить широкий спектр рекомбинантных форм. Среди них можно выявить гетерозисные и трансгрессивные гибриды, проявления признаков которых имеют значительное превосходство над родительскими образцами. Результатом генетической рекомбинации является эффект суммарного действия полимерных генов, выражающийся в стабильном увеличении (положительная трансгрессия) или снижении (отрицательная трансгрессия) показателя любого селекционного признака у растений в потомстве по сравнению с родительскими формами [1, 7]. Как правило, за счет получения положительных трансгрессивных форм происходит селекционное улучшение растений, повышение урожайности культуры.

Целью представленной работы является определение эффекта гетерозиса и степени фенотипического доминирования у гибридов первого поколения (F_1), трансгрессивной изменчивости хозяйственно ценных признаков у гибридных потомств второго и третьего поколений

(F_2 и F_3), выделение перспективных линий сои.

Материалы и методика исследований. Исследования проводились в 2016–2019 гг. в лаборатории селекции сои Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки, расположенном вблизи г. Уссурийск. В годы проведения опытов метеорологические условия были контрастными, но в основном они соответствовали биологическим потребностям сои. Почва опытного участка – лугово-бурая, отбелённая с тяжелым механическим составом [5].

Подбор родительских форм происходил с учетом их филогенетической и эколого-географической отдалённости из биоресурсной коллекции Федерального научного центра. По результатам изучения гермоплазмы сои выделены сорта для включения в гибридизационный процесс: с высоким уровнем адаптации к погодноклиматическим условиям Приморского края – сорт сои селекции Федерального научного центра (Приморская 96); продуктивные, высокобелковые сортообразцы канадской селекции – Киото, Ариса, Тайфун, а также китайской селекции – НИИСХ 3, НИИСХ 4, различающиеся по периоду вегетации и морфологическим признакам.

Исходный материал сои создавался эффективным методом конструирования генетической изменчивости – искусственной гибридизацией в 2016 г. В результате скрещиваний получено 310 гибридных семян сои. В 2017 г. гибридные образцы первого поколения (F_1) и родительские

формы высевали вручную по блочной схеме «мать – гибрид – отец» на площади делянки 0,5 м². На основании гибридологического и структурного анализа по каждой комбинации в F₁ определяли степень фенотипического доминирования (H_p) и гетерозиса (Г%) по признакам число и масса семян с растения [9].

В 2018–2019 гг. проведен посев питомников сои второго (F₂) и третьего поколений (F₃) на площади делянки 1,8 м². Общее количество гибридных растений в F₂ составило 4 576, в F₃ – 9 160. У гибридов определяли степень и частоту положительных трансгрессий (T_c и T_ч) изучаемых признаков (число и масса семян с растения, число бобов и ветвей, высота растения), по методике Г. С. Воскресенской и В. И. Шпота [12]. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [4].

Результаты и обсуждение исследований. Ценность любой родительской формы, используемой в скрещиваниях, зависит не только от степени проявления комплекса её положительных характеристик, но и от способности производить потомство с показателями лучше, чем у родителей, то есть гетерозисным эффектом [9]. В результате рекомбинантных скрещиваний получено одиннадцать перспективных гибридных комбинаций с гетерозисным эффектом по некоторым элементам структуры урожая: число и масса семян с растения (табл. 1). Высокая степень гетерозиса (более 51 %) выявлена у 54,5 % комбинаций. Анализ наследования признаков у гибридов первого поколения показал фенотипическое сверхдоминирование (H_p > 1) от 1,7 до 29,3. Максимальные значения отмечены у гибридов Приморская 96×Киото.

Таблица 1 – Степень фенотипического доминирования и величина гетерозиса у гибридов первого поколения (F₁) в 2017 г.

Гибридная комбинация	P♀	F ₁	P♂	H _p	Г%
Число семян на растении, шт.					
♀Приморская 96×♂НИИСХ 3	86,0	180,3	110,4	6,7	63,3
♀Приморская 96×♂Киото	94,0	151,5	100,2	17,5	51,2
♀Приморская 96×♂Тайфун	94,7	150,3	135,2	1,7	11,1
♀НИИСХ 3×♂Киото	112,6	232,0	86,7	10,2	106,0
♀НИИСХ 3×♂Ариса	115,1	230,0	98,3	14,7	99,8
♀НИИСХ 3×♂Тайфун	97,9	197,3	128,0	5,6	54,1
♀НИИСХ 4×♂Тайфун	102,0	156,2	132,1	2,6	18,2
♀НИИСХ 4×♂Киото	110,2	143,3	86,3	3,7	30,0
♀Тайфун×♂Ариса	99,6	123,5	86,9	4,7	24,0
♀Тайфун×♂Киото	112,6	173,4	99,4	10,2	54,0
♀Ариса×♂Киото	78,6	105,7	94,1	2,5	12,3
НСР _{0,95}	14,6	50,5	19,5	–	–
Масса семян с растения, г					
♀Приморская 96×♂НИИСХ 3	11,6	28,1	17,2	4,9	63,4
♀Приморская 96×♂Киото	12,6	21,7	13,2	29,3	64,4
♀Приморская 96×♂Тайфун	13,7	21,7	15,2	9,7	42,7
♀НИИСХ 3×♂Киото	17,8	38,7	11,4	7,5	117,4
♀НИИСХ 3×♂Ариса	17,9	38,8	13,1	9,7	116,7
♀НИИСХ 3×♂Тайфун	15,2	28,2	14,1	24,6	85,5
♀НИИСХ 4×♂Тайфун	18,9	23,0	14,8	3,0	21,7
♀НИИСХ 4×♂Киото	14,9	21,8	11,0	4,5	46,3
♀Тайфун×♂Ариса	11,2	16,8	13,0	5,2	29,2
♀Тайфун×♂Киото	12,4	21,0	13,0	27,6	61,5
♀Ариса×♂Киото	10,6	15,9	12,1	6,1	31,4
НСР _{0,95}	3,3	8,8	2,5	–	–

Таблица 2 – Степень и частота трансгрессий по некоторым элементам структуры урожая в гибридных комбинациях сои (2018–2019 гг.)

Гибридная комбинация	Степень трансгрессии, %		Частота трансгрессии, %	
	F ₂	F ₃	F ₂	F ₃
Число семян на растении				
Приморская 96×НИИСХ 3	6,2	2,1	50,0	29,0
Приморская 96×Киото	16,1	10,2	40,0	12,0
Приморская 96×Тайфун	9,8	34,0	66,6	7,0
НИИСХ 3×Киото	14,7	–6,4	100,0	0,0
НИИСХ 3×Ариса	17,4	53,3	75,0	60,0
НИИСХ 3×Тайфун	15,4	43,3	100,0	100,0
НИИСХ 4×Тайфун	8,6	85,3	100,0	75,0
НИИСХ 4×Киото	35,0	–24,1	96,0	0,0
Тайфун×Ариса	19,4	16,9	33,3	33,3
Тайфун×Киото	35,0	41,7	100,0	72,0
Ариса×Киото	6,3	2,4	50,0	47,0
Масса семян с растения				
Приморская 96×НИИСХ 3	34,7	–13,4	92,0	0,0
Приморская 96×Киото	54,8	11,1	100,0	43,0
Приморская 96×Тайфун	30,7	25,2	87,0	11,0
НИИСХ 3×Киото	34,0	5,9	100,0	20,0
НИИСХ 3×Ариса	32,2	32,2	97,0	47,0
НИИСХ 3×Тайфун	58,3	49,0	98,0	87,0
НИИСХ 4×Тайфун	16,6	11,2	100,0	100,0
НИИСХ 4×Киото	17,0	1,0	67,0	21,0
Тайфун×Ариса	38,7	62,0	90,0	16,0
Тайфун×Киото	1,7	20,0	25,0	19,0
Ариса×Киото	12,9	1,2	85,0	9,0
Число бобов на растении				
Приморская 96×НИИСХ 3	35,5	–14,4	87,0	0,0
Приморская 96×Киото	33,5	21,9	96,0	22,0
Приморская 96×Тайфун	19,2	12,7	67,0	18,0
НИИСХ 3×Киото	10,8	1,2	92,0	36,0
НИИСХ 3×Ариса	24,4	–2,5	34,0	0,0
НИИСХ 3×Тайфун	44,8	6,7	100,0	12,5
НИИСХ 4×Тайфун	2,9	11,4	15,0	50,0
НИИСХ 4×Киото	9,1	14,3	20,0	20,0
Тайфун×Ариса	11,6	5,3	22,0	16,0
Тайфун×Киото	36,0	6,5	75,0	40,0
Ариса×Киото	21,2	–9,3	82,0	0,0

Степень и частота трансгрессии по отдельным элементам структуры урожая в гибридных популяциях F₂ и F₃ сои варьировали в зависимости от комбинации и поколения (табл. 2). Степень трансгрессии гибридов по показателю «число семян на растении» в некоторой мере снизилась к третьему поколению (до 10,9 %). Самое высокое значение (85,3 %) наблюдали у генотипов НИИСХ 4×Тайфун. Частота

трансгрессивных форм в поколении F₃ по сравнению с поколением F₂ существенно снизилась, за исключением двух комбинаций (НИИСХ 3×Тайфун и Тайфун×Ариса), проявивших стабильность в значениях.

В третьем поколении донорскими свойствами по показателю масса семян с растения (продуктивность) обладали такие гибридные генотипы: Тайфун×Ариса,

НИИСХ 3×Тайфун и НИИСХ 3×Ариса, у которых степень трансгрессии была самой высокой и составляла 62,0, 49,0 и 32,2 % соответственно. Образцы сои комбинации НИИСХ 4×Тайфун сохранили 100-процентную частоту трансгрессии по поколениям при невысокой степени проявления трансгрессии.

По степени трансгрессии показателя число бобов на растении наиболее перспективными следует считать следующие комбинации: Приморская 96×Киото, НИИСХ 4×Киото и Приморская 96×Тайфун, у которых в третьем поколении значения были самыми высокими и составляли 21,9, 14,3 и 12,7 % соответственно. При этом частота трансгрессии варьировала от 18 до 22 %.

Стабильное снижение частоты и степени трансгрессивности гибридов к треть-

ему поколению наблюдали в комбинации Приморская 96×НИИСХ 3 по трём хозяйственно ценным признакам.

Анализ морфобиологических признаков гибридных генотипов сои (высота растений и число ветвей), влияющих на формирование продуктивности растений, показал, что в некоторых случаях относительно высокая степень трансгрессии согласуется с относительно высокой частотой ее проявления (табл. 3).

Степень трансгрессии по высоте растений в F₂ и F₃ оказалась достаточно низкой у всех рекомбинантных гибридов (в некоторых случаях отрицательной). Её колебание находилось в пределах от -20,7 до 10,7 %. При обобщенности показателей степени и частоты трансгрессии, наиболее высокие значения имели гибриды комбинации НИИСХ 3×Тайфун.

Таблица 3 – Трансгрессивная изменчивость морфобиологических признаков гибридов сои (2018–2019 гг.)

Гибридная комбинация	Степень трансгрессии, %		Частота трансгрессии, %	
	F ₂	F ₃	F ₂	F ₃
Высота растений				
Приморская 96×НИИСХ 3	-2,2	-4,6	0,0	0,0
Приморская 96×Киото	10,2	0,3	68,0	35,0
Приморская 96×Тайфун	4,8	-9,8	11,1	0,0
НИИСХ 3×Киото	4,1	9,3	85,0	41,0
НИИСХ 3×Ариса	-19,8	4,5	0,0	10,0
НИИСХ 3×Тайфун	-5,3	10,7	0,0	57,1
НИИСХ 4×Тайфун	6,1	-20,7	70,0	0,0
НИИСХ 4×Киото	-1,9	2,2	0,0	62,0
Тайфун×Ариса	-4,4	7,8	0,0	33,0
Тайфун×Киото	-4,6	-6,5	0,0	0,0
Ариса×Киото	1,1	2,3	18,0	30,0
Число ветвей				
Приморская 96×НИИСХ 3	128,0	-12,5	85,0	0,0
Приморская 96×Киото	50,0	75,0	40,0	62,0
Приморская 96×Тайфун	33,3	25,0	30,0	25,0
НИИСХ 3×Киото	-71,4	-30,0	0,0	0,0
НИИСХ 3×Ариса	16,6	67,0	15,0	56,0
НИИСХ 3×Тайфун	83,3	0,0	34,0	14,2
НИИСХ 4×Тайфун	-60,0	42,8	0,0	52,0
НИИСХ 4×Киото	-94,2	-34,6	0,0	0,0
Тайфун×Ариса	32,0	50,0	40,0	37,0
Тайфун×Киото	10,0	4,7	17,0	45,0
Ариса×Киото	67,0	-43,0	21,0	0,0

По числу ветвей на растении в третьем поколении отмечено снижение степени трансгрессии у 45,4 % генотипов в сравнении со значениями второго года изучения гибридов. Высокий процент частоты трансгрессии присутствовал в комбинациях Приморская 96×Киото (62,0 %), НИИСХ 3×Ариса (56,0 %). Следует отметить трансгрессивную изменчивость образцов сои НИИСХ 4×Тайфун, которая из отрицательного статуса показателя изменилась на положительный, увеличив значения степени на 102,8 единицы, частоты на 52,0 единицы.

Заключение. В результате проведенных исследований, в первом поколении выявлена высокая степень гетерозиса (более 51,0 %) у 54,5 % комбинаций по числу и массе семян с растения. Отмечено фенотипическое сверхдоминирование наследования признаков у гибридов. Степень и частота трансгрессии в гибридных популяциях F_2 и F_3 сои варьировали в зависимости от комбинации и поколения.

Донорскими свойствами обладают следующие перспективные линии сои:

1) по числу семян на растении: НИИСХ 4×Тайфун;

2) по массе семян с растения: Тайфун×Ариса, НИИСХ 3×Тайфун, а также НИИСХ 3×Ариса;

3) по числу бобов на растении: Приморская 96×Киото, НИИСХ 4×Киото и Приморская 96×Тайфун;

4) по высоте растений: НИИСХ 3×Тайфун;

5) по числу ветвей на растении: Приморская 96×Киото и НИИСХ 3×Ариса.

Степень трансгрессии гибридов в большинстве случаев не связана с ее частотой, в отдельных комбинациях и признаках наблюдалось резкое снижение значений в третьем поколении по сравнению со вторым. Полученный материал будет использован в дальнейшей селекционной практике для создания сортов сои различного направления.

Список источников

1. Белявская Л. Г. Проявление трансгрессивной изменчивости в потомствах межсортных гибридов сои // Масличные культуры. 2013. № 2 (155–156). С. 43–49.
2. Бутовец Е. С., Васина Е. А., Лукьянчук Л. М. Скрининг гермоплазмы сои в условиях Приморского края // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 23–27.
3. Воскресенская Г. С., Шпота В. И. Трансгрессия признаков у гибридов Brassica и методика количественного учета этого явления // Доклады Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени Ленина. 1967. № 7. С. 18–20.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Книга по Требованию, 2012. 352 с.
5. Иванов Г. И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М. : Наука, 1976. 200 с.
6. Литарная М. А. Наследование хозяйственно ценных признаков у гибридов F_1 – F_3 и выделение исходного материала для целей селекции // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 135–138.
7. Малышкина Ю. С., Равков Е. В., Лукашевич М. И. Определение степени доминирования эффекта гетерозиса и трансгрессии в питомнике гибридов люпина белого в условиях северо-востока Беларуси // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 103–108.
8. Методика селекционных работ до 2010 г. по созданию высокопродуктивных, комплексно-ценных сортов зерновых, сои, многолетних трав, картофеля, овощей и плодово-ягодных культур в зоне Дальнего Востока / под ред. Р. Б. Кондратьева. Новосибирск : Сибирское отделение Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени Ленина, 1990. 208 с.
9. Шаптуренко М. Н., Хотылева Л. В. Гетерозис: современные тенденции в изучении молекулярных механизмов // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 20 (5). С. 683–694.

10. Characterization of the common genetic basis underlying seed hilum size, yield, and quality traits in soybean / Q. Zhao [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. P. 183.
11. Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture / M. Thudi [et al.] // *Journal of Plant Physiology*. 2021. Vol. 257. P. 1–67.
12. Nakamori T. Research on the deliciousness of processed soybean current state and future prospects of soybean breeding // *Japanese Society for Food Science and Technology*. 2021. Vol. 68 (5). P. 216–218.

References

1. Belyavskaya L. G. Proyavlenie transgressivnoy izmenchivosti v potomstvakh mezhsortovykh gibridov soi [Manifestation of transgressive variability in the progeny of intervarietal soybean hybrids]. *Maslichnye kul'tury. – Oilseeds*, 2013; 2 (155–156): 43–49 (in Russ.).
2. Butovets E. S., Vasina E. A., Luk'yanchuk L. M. Skringing germoplazmy soi v usloviyakh Primorskogo kraya [Screening of soybean germplasm in the Primorsky Territory]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*, 2020; 8 (34): 23–27 (in Russ.).
3. Voskresenskaya G. S., Shpota V. I. Transgressiya priznakov u gibridov Brassica i metodika kolichestvennogo ucheta etogo yavleniya [Transgression of traits in Brassica hybrids and a method for quantifying this phenomenon]. *Doklady Vsesoyuznoj akademii sel'skokozyajstvennykh nauk imeni Lenina. – Reports of the All-Union Academy of Agricultural Sciences named after Lenin*, 1967; 7: 18–20 (in Russ.).
4. Dospekhov B. A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)]*, Moskva, Kniga po Trebovaniyu, 2012, 352 p. (in Russ.).
5. Ivanov G. I. *Pochvoobrazovanie na yuge Dal'nego Vostoka [Soil formation in the south of the Far East]*, Moscow, Nauka, 1976, 200 p. (in Russ.).
6. Litarnaya M. A. Nasledovanie khozyaystvenno tsennykh priznakov u gibridov F_1 – F_3 i vydelenie iskhodnogo materiala dlya tseyey selektsii [Inheritance of economically valuable traits in F_1 – F_3 hybrids and isolation of source material for breeding purposes]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. – Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2019; 1: 135–138 (in Russ.).
7. Malyshkina Yu. S., Ravkov E. V., Lukashevich M. I. Opredelenie stepeni dominirovaniya efekta geterozisa i transgressii v pitomnike gibridov lyupina belogo v usloviyakh severo-vostoka Belarusi [Determination of the degree of dominance of the effect of heterosis and transgression in the nursery of white lupine hybrids in the north-east of Belarus]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. – Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2021; 1: 103–108 (in Russ.).
8. Kondratiev R. B. (Eds.). *Metodika selektsionnykh rabot do 2010 g. po sozdaniyu vysokoproduktivnykh, kompleksno-tsennykh sortov zernovykh, soi, mnogoletnikh trav, kartofelya, ovoshchey i plodovo-yagodnykh kul'tur v zone Dal'nego Vostoka [The method of breeding until 2010 to create highly productive, complex securities of cereals, soybeans, perennial grasses, vegetables and fruit crops in the Far East]*, Novosibirsk, Sibirskoe otdelenie Vsesoyuznoj akademii sel'skokozyajstvennykh nauk imeni Lenina, 1990, 208 p. (in Russ.).
9. Shapturenko M. N., Khotyleva L. V. Geterozis: sovremennyye tendentsii v izuchenii molekulyarnykh mekhanizmov [Heterosis: Current Trends in the Study of Molecular Mechanisms]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. – Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2016; 20 (5): 683–694 (in Russ.).
10. Zhao Q., Shi X., Yan L., Yang C., Liu C., Feng Y. [et al.]. Characterization of the common genetic basis underlying seed hilum size, yield, and quality traits in soybean. *Frontiers in Plant Science*, 2021; 12: 183.

11. Thudi M., Palakurthi R., Schnable J. C., Chitikineni A., Dreisigacker S., Mace E. [et al.]. Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture. *Journal of Plant Physiology*, 2021; 257: 1–67.

12. Nakamori T. Research on the deliciousness of processed soybean current state and future prospects of soybean breeding. *Japanese Society for Food Science and Technology*, 2021; 68 (5): 216–218.

© Бутовец Е. С., Васина Е. А., Кукуруза Г. О., Страшненко Т. Н., Лукьянчук Л. М., 2021
Статья поступила в редакцию 13.10.2021; одобрена после рецензирования 29.10.2021; принята к публикации 30.11.2021.

The article was submitted 13.10.2021; approved after reviewing 29.10.2021; accepted for publication 30.11.2021.

Информация об авторах

Бутовец Екатерина Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, otdelsoy@mail.ru;

Васина Евгения Александровна, младший научный сотрудник лаборатории селекции сои, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, otdelsoy@mail.ru;

Кукуруза Галина Олеговна, младший научный сотрудник лаборатории селекции сои, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, otdelsoy@mail.ru;

Страшненко Татьяна Николаевна, младший научный сотрудник лаборатории селекции сои, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, otdelsoy@mail.ru;

Лукьянчук Людмила Михайловна, младший научный сотрудник лаборатории селекции сои, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, otdelsoy@mail.ru

Information about the authors

Ekaterina S. Butovets, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, otdelsoy@mail.ru;

Evgeniya A. Vasina, Junior Researcher of the Laboratory of Soybean Breeding, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, otdel-soy@mail.ru;

Galina O. Kukuruza, Junior Researcher of the Laboratory of Soybean Breeding, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, otdel-soy@mail.ru;

Tatiana N. Strashnenko, Junior Researcher of the Laboratory of Soybean Breeding, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, otdel-soy@mail.ru;

Ludmila M. Lukyanchuk, Junior Researcher of the Laboratory of Soybean Breeding, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, otdel-soy@mail.ru