

Е.М. Фокина,
Д.Р. Разанцев, ✉
Г.Н. Беляева

Всероссийский научно-исследовательский
институт сои, Благовещенск,
Амурская обл., Россия

✉ rdr@vniisoi.ru

Поступила в редакцию:
25.06.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
29.08.2023

Evgenia M. Fokina,
Dina R. Razantsvey, ✉
Galina N. Belyaeva

All-Russian Scientific Research Institute of
Soybean, Blagoveshchensk, Amur region,
Russia

✉ rdr@vniisoi.ru

Received by the editorial office:
25.06.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
29.08.2023

Результаты изучения многократных отборов в селекционном питомнике при создании новых сортов сои

РЕЗЮМЕ

Актуальность. На современном этапе сельскохозяйственного производства первостепенное значение приобретает создание новых отечественных конкурентоспособных сортов различных растений в рамках масштабной программы РФ по импортозамещению. Одной из наиболее важных и востребованных культур в России является соя.

Методы. Материалом для исследований послужили гибридные популяции F_7 - F_{17} поколений селекционного питомника (СП), который ежегодно пополняется отборами индивидуальных растений из гибридного питомника F_6 .

Результаты. Дана оценка продолжительности многократных отборов по методу педигри в селекционном питомнике (СП) до получения гомозиготных линий. Анализ исследований показал, что из 29 сортов сои гибридного происхождения, внесенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ и находящихся в испытании на 2023 г., 13 сортов (Гармония, Лидия, Нега 1, МК-100, Лебедушка, Журавушка, Кружевница, Золушка, Тисей, Ляна, Олимп, Ласточка, Татьяна) (44,8%) были получены на основе многократных отборов F_7 - F_9 в селекционном питомнике, а сорт Персона, который внесен в Госреестр по 11-му региону и востребован в Амурской области, был выделен из гибридной популяции поколения F_{17} . В результате проведенной оценки за 2020–2022 гг. F_7 - F_{17} поколений селекционного питомника по продолжительности расщепления в гибридных популяциях было установлено, что наиболее эффективен многократный отбор до 10-го поколения (F_7 — 35,1%, F_8 — 30,8%, F_9 — 12,1%), но перспективные высокопродуктивные линии с хозяйственно ценными признаками могут быть получены и из более поздних поколений.

Ключевые слова: соя, селекционный питомник, гомозиготные линии, многократный отбор, сорт, гибридные поколения, продуктивность, метод педигри

Для цитирования: Фокина Е.М., Разанцев Д.Р., Беляева Г.Н. Результаты изучения многократных отборов в селекционном питомнике при создании новых сортов сои. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 90–95. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-90-95>

© Фокина Е.М., Разанцев Д.Р., Беляева Г.Н.

The results of the study of multiple selections in a breeding nursery when creating new soybean varieties

ABSTRACT

Relevance. At the present stage for agricultural production, the creation of new domestic competitive varieties of various plants is of paramount importance within the framework of the large-scale program of the Russian Federation for import substitution, while one of the most important and sought-after crops in Russia is soybean.

Methods. The material for the research was the hybrid populations F_7 - F_{17} generations of the breeding nursery (SP), which is annually replenished with selections of individual plants from the F_6 hybrid nursery.

Results. An estimate of the duration of multiple selections by the pedigree method in a breeding nursery (SP) until obtaining homozygous lines is given. The analysis of the conducted studies showed that out of 29 soybean varieties of hybrid origin included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation and being tested for 2023, 13 varieties (Harmoniya, Lydia, Nega 1, MK-100, Lebedushka, Zhuravushka, Lacemaker, Cinderella, Tisey, Lyana, Olimp, Lastochka, Tatiana) (44.8%) were obtained on the basis of multiple selections F_7 - F_9 in the breeding nursery, and the variety Persona, which is included in the State Register for 11 regions and is in demand in the Amur Region, was isolated from the hybrid population of the F_{17} generation. As a result of the assessment for 2020–2022. F_7 - F_{17} generations of the breeding nursery according to the duration of splitting in hybrid populations, it was found that multiple selection up to the tenth generation is most effective (F_7 — 35.1%, F_8 — 30.8%, F_9 — 12.1%), but promising highly productive lines with economically valuable traits can also be obtained from later generations

Key words: soybean, breeding nursery, homozygous lines, multiple selection, variety, hybrid generations, productivity, pedigree method

For citation: Fokina E.M., Razantsvey D.R., Belyaeva G.N. The results of the study of multiple selections in a breeding nursery when creating new soybean varieties. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 90–95 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-90-95>

© Fokina E.M., Razantsvey D.R., Belyaeva G.N.

Введение/Introduction

Соя — культура известная с глубокой древности и на сегодняшний день является одной из наиболее распространенных белково-масличных культур в мире. Обладая адаптивностью к различным условиям выращивания, произрастает почти на всех континентах нашей планеты [1–3]. Производство сои — одно из приоритетных направлений развития АПК в 46 субъектах РФ [4]. В настоящее время в мире всё активнее применяют молекулярно-биологические методы селекции [5–7]. Однако их внедрение в селекционный процесс не отменяет классических методов отбора. Стоящая перед практической селекцией задача дальнейшего улучшения культурных растений может реализоваться только в сочетании с обычными способами селекции, но ни один из них нельзя считать безупречным для решения современных задач и сохранения практического интереса к селекционному улучшению, основанному на уже известных генетических механизмах рекомбинации и формообразования [8–10].

Всё современное мировое разнообразие методов селекции традиционно раскладывается на три направления: внутривидовую и отдаленную гибридизацию, разные типы мутагенеза, индивидуальный и массовый отбор в разных модификациях и интерпретациях [11]. При этом, как правило, в каждом научно-исследовательском учреждении селекционного профиля разработана и используется собственная, в той или иной степени усовершенствованная схема селекционного процесса, несколько отличающаяся от классической [12].

В Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»» (ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои Амурская обл., Россия) практически с самого начала развития селекции Glucine использовались традиционные методы получения нового гибридного материала путем внутривидовых и межвидовых (с дикой соей) скрещиваний. В течение времени сформировалась своя модифицированная схема селекционного процесса на основе многократных отборов индивидуальных растений по методу педигри¹ (с прослеживанием родословной по потомствам) до получения гомозиготных линий.

Использование многократного индивидуального отбора с постоянным контролем гомозиготности потомств отобранных растений обеспечивает высокую константность сорта [13]. Отбор растений по методу педигри позволяет в амурских сортах вырабатывать комплекс адаптивности для возделывания в сложных почвенно-климатических условиях Дальневосточного, Восточно-Сибирского, Средневолжского и других регионов России.

На 2023 год в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в производстве, находятся 34 сорта селекции ВНИИ сои, 29 (85%) из которых — гибридного происхождения, различающихся по периоду вегетации, биохимическим и другим хозяйственно ценным признакам².

Во Всероссийском НИИ сои схема селекционного процесса выглядит следующим образом: питомник родительских форм F_0 → гибридные питомники (ГП) (F_1 – F_6) → селекционный питомник (СП), далее СП (F_7 – F_{17}) → контрольный питомник (КП) → предварительное

сортоиспытание (ПСИ) → конкурсное сортоиспытание (КСИ) (три года) → передача сортов в государственное сортоиспытание (ГСИ). От классической она отличается тем, что впервые отобранные в ГП F_4 – F_6 константные линии сои передаются сразу в КП, а в СП изучаются потомства перспективных расщепляющихся популяций — начиная с седьмого и последующих поколений вплоть до завершения процесса гомозиготизации.

Как правило, отбор гомозиготных константных линий в гибридном питомнике F_4 сокращает срок создания отдельных сортов до девяти лет. Во ВНИИ сои за такой период созданы сорта сои Куханна, Невеста, Сентябринка, Статная, Алпетра, Апис [14].

Некоторые ученые полагают, что отборы в гибридных популяциях сои целесообразно проводить до F_6 поколения, другие утверждают, что отборы в F_5 – F_6 , как правило, оказываются неэффективными и пересев гибридных поколений лучше ограничивать F_4 [12, 15]. Однако практические результаты работы во Всероссийском НИИ сои свидетельствуют о том, что расщепление по морфологическим и хозяйственно ценным признакам в отдельных популяциях сои может продолжаться довольно длительное время — до F_{12} и более поздних поколений, при этом возможно обнаружение перспективных высокопродуктивных генотипов — родоначальников новых сортов. Так, сорт сои Персона был создан на основе рекомбинации мутантных форм ((M.G.uss 44 x Восход) x M.P.) в результате проведения многократных индивидуальных отборов в СП до F_{17} поколения.

Цели исследований — провести анализ результатов изучения многократных отборов индивидуальных растений в селекционном питомнике на уровне F_7 – F_{17} поколений, выявить эффективность проведения дальнейших отборов в F_7 и последующих поколениях, изучаемых в СП за 2020–2022 гг.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования проводили в 2020–2022 гг. на полях селекционного севооборота ВНИИ сои (с. Садовое, Тамбовский р-н, Амурская обл.) на типичной луговой черноземовидной среднесиловой почве, реакция почвенной среды — среднекислая (pH_{KCl} 4,9–5,1), содержание гумуса — 3,5–3,9%, минерального азота ($N_{мин}$) в почве — 20,2–24,5 мг/кг почвы, подвижного фосфора (P_2O_5) — 75–98 мг/кг почвы, обменного калия (K_2O) — 165–197 мг/кг почвы. Возделывание сои осуществляли в соответствии с технологией, разработанной для южной сельскохозяйственной зоны Амурской области³.

В годы проведения исследований погодные условия существенно отличались по влагообеспеченности,

Таблица 1. Сумма активных температур и количество осадков по периодам вегетации 2020–2022 гг.

Table 1. The sum of active temperatures and the amount of precipitation by growing season 2020–2022

Год	Сумма активных температур, °C	Отклонение от нормы, °C	Количество осадков за период, мм	Отклонение от нормы, мм	ГТК за вегетационный период
2020	2597	+126	614	+173	2,3
2021	2607	+136	509	+68	1,9
2022	2501	+30	399	-42	1,6
Норма	2471	–	441	–	1,8

¹ Бриггс Ф., Ноулз П. Научные основы селекции растений. М.: Колос. 1972; 398.

² Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорта растений (официальное издание). М.: Росинформагротех. 2023; 1: 631.

³ Система земледелия Амурской области / под общ. ред. д. с.-х. н., проф. П.В. Тихончука. Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ. 2016; 570.

температурному режиму и гидротермическому коэффициенту (ГТК) в период вегетации сои, что позволило провести объективную оценку изучаемого материала (табл. 1).

Селекционную работу выполняли в соответствии с общепринятой методикой селекционного процесса для культур самоопылителей⁴. Материалом для исследований служили гибриды F_7 – F_{17} поколений СП, который ежегодно пополняется отборами индивидуальных растений из гибридного питомника F_6 . Посев СП, как и гибридные питомники F_2 – F_5 , проводился в однократном повторении ручными сажалками на однорядковых трехметровых делянках механизированно размаркированного поля с шириной междурядий 45 см. Для равномерности размещения растений и эффективности отбора посев проводился с помощью трехметровых ленток (с отметками для размещения семян) через 10 см. Каждым 10-м номером высевался стандартный сорт — скороспелый Лидия и среднеспелый Даурия. Делянки СП группировались по гибридным комбинациям.

По созреванию на расщепляющихся делянках проводили визуальную оценку по морфологическим признакам для отбора индивидуальных растений для СП и гомозиготных линий для посева в КП. Биометрия индивидуальных растений проводилась в лабораторных условиях. Определялись высота растений, высота прикрепления нижнего боба, тип роста стебля, количество ветвей на растении и учет других ценных признаков. Биометрия константных линий проводилась в поле. Отобранные линии и стандартные сорта убирали серпом, обмолот проводили на сноповой молотилке, семена очищали от мертвого сора, взвешивали. Определяли урожай с делянки.

Сравнительную оценку константных линий и стандартных сортов проводили с учетом визуальных полевых оценок и количественных признаков: урожайности, периода вегетации, высоты растений, высоты прикрепления нижних бобов, массы 1000 семян. Отобранные линии поступали в контрольный питомник, где посев константных форм проводили сеялкой ССФК-7 (Омский экспериментальный завод, Россия), площадь делянки — 7,2 м² (с нормой высева из расчета 550 тыс. семян на 1 га), размещение делянок — системно-блочное, повторность — трехкратная.

Лучшие по комплексу признаков образцы сои высевали в КСИ сеялкой СН-16-П (Машиностроительный завод опытных конструкций ВИМ, Россия). Площадь делянки — 40,5 м². Посев проводили в четырехкратной повторности, размещение делянок — рендомизированное. Уборку делянок осуществляли комбайном «Сампо 130» (Rosenlew, Финляндия).

Статистическую обработку селекционного материала проводили по методике Б.А. Доспехова⁵.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Успех селекции определяется целенаправленным подбором генетически дивергентных родительских пар для скрещивания, у которых выявлены необходимые хозяйственно ценные признаки [16]. Анализ родословной амурских сортов показывает, что создание высокопродуктивных генотипов для умеренно-холодного климата эффективно с привлечением родительских компонентов по принципу эколого-географической отдаленности

в сложных ступенчатых скрещиваниях. Одним из родителей, как правило, являются адаптированные к местным условиям сорта и сортообразцы местной селекции, гомозиготные линии селекционных питомников, мутантные константные формы, полученные однократным или двукратным облучением γ -лучами в дозе 7, 10 и 15 кр. В качестве второй родительской формы используются преимущественно сорта зарубежной и иной районной селекции: КНР, Канады, Германии, Румынии, США, ВНИИМК (Краснодар) и др. Так, радиационный сорт Восход (Ам.310 γ 7 γ), созданный методом радиационного мутагенеза — путем облучения семян γ -лучами, и сорт Гармония созданы в результате рекомбиногенеза химических мутантов, измененных форм сои, полученных в результате химического мутагенеза посредством воздействия на семена сои химических мутагенов — диметилсульфата и колхицина, с сортами, созданными в Амурской области, Персона — радиационных мутантов дикой и культурной сои.

Внесение в генотип создаваемых сортов хозяйственно ценных признаков, таких как законченный тип роста с расположением бобов в верхней и средней части, многоцветковость в кисти, увеличенное количество бобов в узле (6–8), семян в бобе (3–4), крупность семян, позволило создать в последние годы сорта с большим разнообразием по периоду вегетации, потенциальной урожайности до 4,2 т/га и другим хозяйственно ценным признакам.

Продолжительность достижения гомозиготности зависит от количества признаков, по которым отличаются исходные родительские формы: чем больше различий между родителями, тем дольше будет проходить процесс расщепления в популяциях [12, 15, 16].

Анализ продолжительности многократных отборов по модифицированному методу педигри для получения гомозиготных линий проводился в селекционном питомнике в скороспелой и среднеспелой группе F_7 – F_{17} поколений.

По результатам фенологических наблюдений и полевых визуальных оценок в период созревания (2022 г.) из селекционного питомника на лабораторный анализ были убраны 174 гомозиготные линии. В результате этого анализа по хозяйственно ценным признакам для посева в КП было выделено 28 линий: 21 из скороспелой группы с урожайностью 2,48–3,67 т/га (плюс 0,36–1,55 т/га к скороспелому стандартному сорту Лидия) и 7 среднеспелых с урожайностью 3,70–4,41 т/га (плюс 0,66–1,37 т/га к среднеспелому стандарту Даурия). Лучшие из них (14 скороспелых и 7 среднеспелых линий), выделенные многократным отбором из F_7 – F_{13} поколений гибридов, получены в основном в результате рекомбинационной многоступенчатой гибридизации (табл. 2).

Анализ данных по продолжительности процесса гомозиготизации 2022 г. показал, что в результате многократных отборов из 21 лучшей по продуктивности гомозиготной линии 5 линий (23,8%) выделены из гибридов F_7 поколения, 8 линий (38,1%) — из гибридов F_8 , 2 линии — из F_9 (9,5%), 5 линий — из F_{10} (23,8%), 1 — из гибридов F_{13} (4,8%).

Анализируя данные за три года (2020–2022 гг.) F_7 – F_{17} гибридных поколений, СП показал, что в результате многократных отборов была выделена 91 гомозиготная линия, из которых 32 (35,1%) получены из гибридов

⁴ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: МСХ СССР. 1985; 1: 263.

⁵ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. 6-е изд., стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. М.: Альянс. 2011; 350.

Таблица 2. Характеристика лучших, высокопродуктивных линий сои селекционного питомника СП, 2022 г.
Table 2. Characteristics of the best, highly productive soybean lines of the breeding nursery BN, 2022

Происхождение	Покорение гибридов	Период вегетации, дни	Урожайность, т/га		Масса 1000 семян, г	Высота, см	
			всего	отклонение от стандарта		растения	прикрепления нижнего боба
2	3	4	5	6	7	8	9
Скороспелая группа							
Лидия (стандарт — st)		95	2,12		139,1	61	15
♀ [(M.G.uss.8-6 γ7 кр х Л1546 γ7 кр) х К9953-Соер 4 (ЕОС)] х Хэй 3308 (КНР)] х ♂ Л2671 (Отб. Китросса)	F ₇	90	3,06	+0,94	170,6	80	13
♀ [(M.G.uss.8-6 γ7 кр х Л1546 γ7 кр) х К9953-Соер 4 (ЕОС)] х Хэй 3308 (КНР)] х ♂ Л2671 (Отб. Китросса)	F ₇	95	2,90	+0,78	161,9	89	18
♀ [Октябрь 70 γ7 γ7 кр х [Хэйхэ 11 (КНР) х Смена]] х ♂ Хэй 2254 (КНР)	F ₇	100	3,17	+1,05	147,7	83	18
♀ [Иван Караманов (ДальНИИСХ) х Ам. 2056] х ♂ Евгения (Ам. 2102)	F ₇	93	3,17	+1,05	185,3	53	7
♀ [K5862-№840-7-3 (Швеция) х Хэйхэ 19(КНР)] х ♂ (Л1371 х Л536) в. о.	F ₈	101	3,67	+1,55	152,3	72	12
♀ [(M.G.uss-44 х Восход) х МР] х [L37/6 х Hodson78 (Канада)] в. о. х ♂ И611477-№1218-4-4 (Швеция)	F ₈	89	2,48	+0,36	172,9	67	8
♀ [(M.G.uss-44 х Восход) х МР] х [L37/6 х Hodson78 (Канада)] в. о. х ♂ И611477 № 1218-4-4 (Швеция)	F ₈	98	3,24	+1,12	130,2	79	10
♀ (Л1371 х Л536) в. о. х ♂ Хэйхэ 9 (КНР)	F ₈	98	3,32	+1,20	140,6	59	17
♀ [(M.G.uss.8-6 γ7 кр х Л1546 γ7 кр) х Л2096 (Соната γ10 кр)] х ♂ Хэйхэ 33 (КНР)	F ₈	99	3,26	+1,14	165,3	84	11
♀ [Хэйхэ 14 (КНР) х Ам. 2016] х ♂ И612821-Альбина (Украина)	F ₁₀	98	3,26	+1,14	152,4	63	17
♀ [Хэйхэ 14 (КНР) х Ам. 2016] х ♂ И612821-Альбина (Украина)	F ₁₀	98	3,50	+1,38	165,0	60	18
♀ Евгения х ♂ (Сонатах Марината)-ДальНИИСХ	F ₁₀	98	2,95	+0,83	167,4	53	10
♀ [(K9953-Соер4(ЕОС) х Хэй 3308 (КНР)] х К9953-Соер 4 (ЕОС)] х ♂ (Соната х Л3185 т. к.)	F ₁₀	92	3,40	+1,28	181,4	50	6
♀ Ам. 2149 х ♂ К10043-Алтом (АНИИСХ)	F ₁₃	98	2,99	+0,85	153,8	82	5
Среднеспелая группа							
Даурия (st)	—	106	3,04		187,6	76	14
♀ Ам. 965 х ♂ Ам. 2348 [[Хэйхэ-4 (КНР) х Соната] х [(Л15249 х Л15188) х К9953-Соер 4 (ЕОС)]]	F ₇	107	4,41	+1,37	143,7	81	8
♀ (Л1371 х Л536) в. о. х ♂ [[Хэйхэ 11 (КНР) х Смена] х Октябрь 70 γ7 γ7 кр] х Уркан	F ₈	105	3,70	+0,66	194,7	71	16
♀ Хэйхэ 18 (КНР) х ♂ [Хэйхэ 18 (КНР) х Лидия]	F ₈	112	3,78	+0,74	191,4	74	14
♀ [(K9953-Соер 4 (ЕОС) х Ам. 1084] х Лазурная) х ♂ Евгения (Ам. 2102)	F ₈	105	4,09	+1,05	177,2	80	26
♀ [(G.uss х K5671 Merit –Канада) х Л4942] х Лазер 83 (КНР)] х ♂ М. Смены 7-л.	F ₉	106	4,41	+1,37	135,4	84	14
♀ М. Смены 7-л х ♂ [Ам. 2055 х Хэй 2043 (КНР)]	F ₉	111	4,15	+1,11	165,2	74	7
♀ [Хэйхэ 14 (КНР) х Ам. 2016] х ♂ И612821-Альбина (Украина)	F ₁₀	107	4,38	+1,34	156,3	79	21

F₇ поколения, 28 (30,8%) — из гибридов F₈, 11 — из гибридов F₉ (12,1%), 5 — из гибридов F₁₀ (5,5%), 2 — из гибридов F₁₁ (2,2%), 6 — из гибридов F₁₂ (6,6%), 4 — из гибридов F₁₃ (4,4%), 1 — из гибридов F₁₄ (1,1%), 2 — из гибридов F₁₇ (2,2%) (табл. 3).

В контрольном питомнике в 2022 г. выделено шесть константных линий, которые были отобраны в СП из гибридов F₇–F₁₂ поколений 2021 г. с различным периодом вегетации, высотой растений 61–99 см, массой 1000 семян 153,4–207,9 г и урожайностью, превышающей стандартные сорта на 0,20–0,53 т/га (табл. 4).

Данные линии будут изучаться в питомнике предварительно-го сортоиспытания в 2023 г.

В конкурсном сортоиспытании в 2022 г. также выделились шесть гомозиготных линий, из которых две были переданы в ГСИ на 2023 г. в качестве новых сортов: Ам. 2464 — сорт сои Ласточка (отбор в СП из гибридов F₇) и Ам. 2522 — сорт Татьяна (отбор в СП из гибридов F₉) (табл. 5).

В 2021 году в государственное сортоиспытание был передан

Таблица 3. Лучшие линии СП, отобранные для посева в КП, 2020–2022 гг.
Table 3. Best BN lines selected for planting in the control nursery CN, 2020–2022

Гибридное поколение	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Сумма линий за три года, шт.	Среднее за три года, %
	Кол-во линий, шт.	%	Кол-во линий, шт.	%	Кол-во линий, шт.	%		
F ₇	13	38,2	12	41,4	7	25,0	32	35,1
F ₈	15	44,1	3	10,3	10	35,7	28	30,8
F ₉	3	8,8	6	20,7	2	7,1	11	12,1
F ₁₀	—	—	—	—	5	17,8	5	5,5
F ₁₁	2	5,9	—	—	—	—	2	2,2
F ₁₂	1	3,0	5	17,3	—	—	6	6,6
F ₁₃	—	—	1	3,4	3	10,7	4	4,4
F ₁₄	—	—	—	—	1	3,7	1	1,1
F ₁₇	—	—	2	6,9	—	—	2	2,2

Таблица 4. Характеристика лучших константных форм сои КП, 2022 г.
Table 4. Characteristics of the best constant forms of soybean CN, 2022

Название сорта, сорто-образца	Покорение гибридов в СП, 2021 г.	Урожайность линий в СП 2021 г.	Покорение гибридов в КП, 2022 г.	Период вегетации, дни	Урожайность, т/га		Масса 1000 семян, г	Высота, см	
					всего	отклонение от st		растения	прикрепления нижнего боба
Лидия (st)	—	—	—	100	2,08		145,5	71	15
Даурия (st)	—	—	—	110	2,45		185,4	81	16
Д 193	F ₇	3,52	F ₈	105	2,57	+0,49	161,2	74	17
Д 195	F ₇	3,42	F ₈	107	2,61	+0,53	167,2	61	10
Д 201	F ₈	3,18	F ₉	103	2,32	+0,24	165,1	66	18
Д 206	F ₁₂	2,96	F ₁₃	106	2,28	+0,20	153,4	67	15
Д 223	F ₇	4,44	F ₈	120	2,77	+0,32	207,9	99	26
Д 227	F ₈	3,76	F ₉	115	2,72	+0,27	162,2	78	19
НСР ₀₅					0,11				
Ф факт.					20,7				
Ф теор.					1,74				

Таблица 5. Характеристика образцов сои конкурсного сортоиспытания, 2022 г.
Table 5. Characteristics of soybean samples of competitive variety testing, 2022

Название сорта, сорто-образца	Покло-ние ги-бридов СП	Покло-ние ги-бридов КСИ	Период вегета-ции, дни	Урожайность семян сои		Масса 1000 семян, г	Содержание в семенах, %		Высота, см	
				т/га	± к ст		белка	жира	рас-тения	прикр. ниж. боба
Лидия (st)	–	–	97	2,12	–	157,0	35,6	20,3	70	17
Даурия (st)	–	–	109	2,52	–	184,3	36,5	20,3	78	20
Ам. 2464	F ₇	F ₁₄	97	2,29	+0,17	210,6	37,5	20,2	70	15
Ам. 2484	F ₈	F ₁₃	97	2,23	+0,11	160,3	35,5	19,0	71	23
Ам. 2522	F ₉	F ₁₄	108	2,87	+0,35	155,4	38,3	18,0	77	15
Ам. 2524	F ₉	F ₁₄	108	2,70	+0,18	173,1	35,8	19,2	81	20
Ам. 2567	F ₇	F ₁₁	108	2,85	+0,33	183,5	38,9	18,3	73	24
Ам. 2576	F ₇	F ₁₁	112	2,61	+0,09	196,6	40,0	17,4	77	20
НСР ₀₅			0,14							
F факт			8,62							
F теор.			1,98							

перспективный скороспелый сорт Ляна (Ам. 2463), полученный методом внутривидовой искусственной гибридизации ♀ Хэйхэ 40 (КНР) × ♂ Ам. 2104 с многолетней (2014–2021 гг.) проработкой гибридного и сортолинейного материала, константная форма выделена из F₈ СП. Сорт характеризуется полудетерминантным типом развития, форма куста — прямостоячая, потенциальная урожайность — 3,15 т/га, стебель — прямой, формирует 1–3 длинные и короткие ветви. Высота растений от корневой шейки до верхушки — 86 (73–95) см, высота прикрепления нижних бобов — в среднем 18 см (с колебанием по годам от 17 до 20 см), лист — заостренно-яйцевидный, трехлистковый, цельнокрайний, цветок фиолетовой окраски. Семена желтые, овальной формы, поверхность семян гладкая, без блеска. Рубчик короткий узкий, цвета семени — с белым глазом. Масса 1000 семян — 201,7–224,3 г, средняя — 215,3 г. Содержание в семенах белка — 41,2% (39,9–41,9%), жира — 19,9% (18,6–20,9%). Сорт устойчив к болезнетворным патогенам, толерантен к переувлажнению. При перестое на корню створки бобов не растрескиваются.

Выводы/Conclusion

Оценка проводимых исследований F₇–F₁₇ поколений по результативности многократного отбора ценных генотипов сои на уровне отдельных линий в селекционном питомнике показала, что из 29 сортов гибридного происхождения, внесенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ и находящихся в ГСИ на 2023 г., 14 сортов (48,3%) были получены на основе многократных отборов в СП, из них 10 сортов (71,4%) созданы выделением гомозиготных линий из гибридов седьмого поколения (F₇): Гармония (2003 г. внесения в Госреестр), МК-100 (2011 г.), Лебедушка (2017 г.), Журавушка (2018 г.), Кружевница (2018 г.), Золушка (2019 г.), Тисей, Ляна Олимп и Ласточка в ГСИ. Из гибридов восьмого поколения (F₈) (14,3%) выделены две родоначальные линии сортов — Лидия (2005 г. внесения в Госреестр) и Нега 1 (2009 г.), из гибридов девятого поколения (F₉) (7,15%) — одна гомозиготная линия (сорт Татьяна) в ГСИ на 2023 г., из многократных отборов 17-го поколения получен гибридный межмутантный радиационный сорт Персона (2014 г. внесения в Госреестр) — 7,15%.

Анализ данных по продолжительности процесса гомозиготизации линий F₇–F₁₇ поколений в 2020–2022 гг. в селекционном питомнике и изучение продуктивных в КП и КСИ позволили установить, что наиболее эффективны многократные отборы в F₇–F₁₃ поколениях.

Таким образом, проведенный анализ результатов изучения многократных индивидуальных отборов F₇–F₁₇ поколений в СП показал, что длительная проработка гибридного материала практически полностью исключает возможность потери ценных генотипов сои и позволяет создавать чистотинейные сорта северного экотипа, фенотипически выровненные, с высоким адаптивным потенциалом для возделывания в зонах с ограниченными тепловыми ресурсами.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тевченков А.А., Фёдорова З.С. Оценка пригодности различных сортов сои к возделыванию в условиях Центрального района Нечерноземья РФ. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022; 23(6): 796–804. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.796-804>
2. Li M.-W. et al. Impacts of genomic research on soybean improvement in East Asia. *Theoretical and Applied Genetics*. 2020; 133(5): 1655–1678. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03462-6>
3. Hegstad J.M., Nelson R.L., Renny-Byfield S., Feng L., Chaky J.M. Introgression of novel genetic diversity to improve soybean yield. *Theoretical and Applied Genetics*. 2019; 132(9): 2541–2552. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03369-2>
4. Свищева М.И. Состояние и оценки развития соевого рынка в России. *Управление рисками в АПК*. 2021; (4): 64–70. <https://doi.org/10.53988/24136573-2020-04-06>
5. Tiwari S., Tripathi N., Tsuji K., Tantai K. Genetic diversity and population structure of Indian soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) as revealed by microsatellite markers. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2019; 25(4): 953–964. <https://doi.org/10.1007/s12298-019-00682-4>
6. Hudcovicová M., Kraic J. Utilisation of SSRs for Characterisation of the Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2003; 39(4): 120–126. <https://doi.org/10.17221/3729-CJGPB>
7. Thudi M. et al. Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture. *Journal of Plant Physiology*. 2021; 257: 153351. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153351>

REFERENCES

1. Tsvchenkov A.A., Fedorova Z.S. Evaluation of suitability of different soybean varieties for cultivation in the conditions of the Central part of the Non-Chernozem region of the Russian Federation. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022; 23(6): 796–804 (In Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.796-804>
2. Li M.-W. et al. Impacts of genomic research on soybean improvement in East Asia. *Theoretical and Applied Genetics*. 2020; 133(5): 1655–1678. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03462-6>
3. Hegstad J.M., Nelson R.L., Renny-Byfield S., Feng L., Chaky J.M. Introgression of novel genetic diversity to improve soybean yield. *Theoretical and Applied Genetics*. 2019; 132(9): 2541–2552. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03369-2>
4. Svishcheva M.I. State and assessment of the development of the soybean market in Russia. *Agricultural Risk Management*. 2021; (4): 64–70 (In Russian). <https://doi.org/10.53988/24136573-2020-04-06>
5. Tiwari S., Tripathi N., Tsuji K., Tantai K. Genetic diversity and population structure of Indian soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) as revealed by microsatellite markers. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2019; 25(4): 953–964. <https://doi.org/10.1007/s12298-019-00682-4>
6. Hudcovicová M., Kraic J. Utilisation of SSRs for Characterisation of the Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2003; 39(4): 120–126. <https://doi.org/10.17221/3729-CJGPB>
7. Thudi M. et al. Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture. *Journal of Plant Physiology*. 2021; 257: 153351. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153351>

8. Li M. *et al.* Identification of Traits Contributing to High and Stable Yields in Different Soybean Varieties Across Three Chinese Latitudes. *Frontiers in Plant Science*. 2020; 10: 1642. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01642>
9. Лукомец В.М., Зеленцов С.В. Методы селекции сои и льна. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2019; (2): 19–23. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/2/19-23>
10. Zhao Q. *et al.* Characterization of the Common Genetic Basis Underlying Seed Hilum Size, Yield, and Quality Traits in Soybean. *Frontiers in Plant Science*. 2021; 12: 610214. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.610214>
11. Зеленцов С.В. О новых методах селекции сои за рубежом и о возможности их использования в селекции сои. *Масла и жиры*. 2018; (3-4): 36–39.
12. Чайка А.К. (ред.). Соя на Дальнем Востоке. Монография. Владивосток: Дальнаука. 2010; 434. ISBN 978-5-8044-1080-4 <https://www.elibrary.ru/qbiuhv>
13. Горлова Л.А., Боцарева Э.Б., Трубина В.С., Сердюк В.В., Стрельников Е.А. Метод педигри в селекции рапса и горчицы во ВНИИМК: основные идеи, схема, модификации. *Масличные культуры*. 2020; (2): 33–39. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-33-39>
14. Фокина Е.М., Беляева Г.Н., Разанцев Д.Р. Признаковая коллекция сои как основа для создания сортов нового поколения. *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. 2020; (4): 86–92. <https://www.elibrary.ru/yautal>
15. Зеленцов С.В. Методические основы селекционного процесса у сои и его улучшающие модификации во ВНИИМК (обзор). *Масличные культуры*. 2020; (2): 128–143. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-128-143>
16. Лукомец В.М., Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Теоретическое обоснование возможности отбора перспективных особей в сортовых популяциях самоопылителей на примере сои. *Масличные культуры*. 2021; (2): 31–40. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-2-186-31-40>
8. Li M. *et al.* Identification of Traits Contributing to High and Stable Yields in Different Soybean Varieties Across Three Chinese Latitudes. *Frontiers in Plant Science*. 2020; 10: 1642. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01642>
9. Lukomets V.M., Zelentsov S.V. Soybean and flax selection methods. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2019; (2): 19–23 (In Russian). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/2/19-23>
10. Zhao Q. *et al.* Characterization of the Common Genetic Basis Underlying Seed Hilum Size, Yield, and Quality Traits in Soybean. *Frontiers in Plant Science*. 2021; 12: 610214. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.610214>
11. Zelentsov S.V. On new methods of soybean breeding abroad and on the possibility of their use in soybean breeding. *Oils & Fats*. 2018; (3-4): 36–39 (In Russian).
12. Chaika A.K. (ed.). Soy in the Far East. Monograph. Vladivostok: Dalnauka. 2010; 434 (In Russian). ISBN 978-5-8044-1080-4 <https://www.elibrary.ru/qbiuhv>
13. Gorlova L.A., Bochkaryova E.B., Trubina V.S., Serdyuk V.V., Strelnikov E.A. A pedigree method in breeding of rapeseed and mustard in VNIIMK: general ideas, scheme, modification. *Oil Crops*. 2020; (2): 33–39 (In Russian). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-33-39>
14. Fokina E.M., Belyaeva G.N., Razantsvey D.R. Characteristic collection of soybeans as a basis for creating new generation varieties. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2020; (4): 86–92 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yautal>
15. Zelentsov S.V. Methodological fundamentals of the breeding process in soybean and its improving modifications at VNIIMK (review). *Oil Crops*. 2020; (2): 128–143 (In Russian). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-128-143>
16. Lukomets V.M., Zelentsov S.V., Moshnenko E.V. Theoretical justification of the possibility to select perspective individuals in cultivar populations of self-pollinators on the example of soybean. *Oil Crops*. 2021; (2): 31–40 (In Russian). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-2-186-31-40>

ОБ АВТОРАХ

Евгения Михайловна Фокина,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства
fem@vniisoi.ru
<http://orcid.org/0000-0003-4554-8830>

Дина Раисовна Разанцевей,

старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства
rdr@vniisoi.ru
<http://orcid.org/0000-0002-8701-5250>

Галина Николаевна Беляева,

старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства
<http://orcid.org/0000-0002-8895-7258>

Всероссийский научно-исследовательский институт сои,
Игнатьевское шоссе, 19, Благовещенск, Амурская обл., 675027,
Россия

ABOUT THE AUTHORS

Evgenia Mikhailovna Fokina,

Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher at the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production
fem@vniisoi.ru
<http://orcid.org/0000-0003-4554-8830>

Dina Raisovna Razantsvey,

Senior Researcher at the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production
rdr@vniisoi.ru
<http://orcid.org/0000-0002-8701-5250>

Galina Nikolaevna Belyaeva,

senior Researcher at the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production
<http://orcid.org/0000-0002-8895-7258>

All-Russian Research Institute of Soybean,
19 Ignatievskoe shosse, Blagoveshchensk, Amur region, 675027,
Russia