

Научная статья/Research Article

УДК 635.655: 635-152 (571.13)

DOI: 10.36718/1819-4036-2025-5-104-117

Людмила Валентиновна Омелянюк^{1✉}, Акимбек Мырзаевич Асанов²,
Юлия Ивановна Яценко³, Анатолий Николаевич Халипский⁴

^{1,2,3}Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

⁴Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹milya1302@yandex.ru

²asanov@anc55.ru

³yashchenko@anc55.ru

⁴halipskiy@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ СОЗДАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ГИБРИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ СОИ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Цель исследований – создать гибридный материал, ценный для селекции сортов сои сибирского экотипа, сочетающих скороспелость с высокой семенной продуктивностью в условиях лесостепи Западной Сибири. Исследования проведены в 2020–2023 г. в южной лесостепи Омской области в ФГБНУ Омский АНЦ по общепринятым методикам. Объекты исследований: 47 популяций F₁–F₃, выделенные из 4 гибридных комбинаций, созданных в 2020 г. при скрещивании скороспелой линии местной селекции Л 52/14 (Магева × Дина) с более позднеспелыми отцовскими иностранными сортами Пруденс, Максус, Кофу (Канада), Припять (Беларусь), и эти исходные формы. Метеоусловия периода май – сентябрь в годы проведения опытов были засушливыми (ГТК в 2021 г. – 0,58; 2022 г. – 0,95; 2023 г. – 0,78), но сравнительно благоприятными для развития растений сои. Наибольшая трансгрессия по массе семян с растения установлена у популяций: F₂ (Л 52/14 × Кофу) – степень T_c = 138,4 %, частота T_ч = 20,9 % и F₃ (Л 52/14 × Максус) – T_c = 132,3 %, T_ч = 8,6 %. В F₁–F₃ выявлены все типы наследования (h_p) продолжительности вегетационного периода (ПВП) и массы семян с растения (МСР). Самая скороспелая популяция (Л 52/14 × Пруденс) (в среднем за 3 года ПВП = 90 сут) имела отрицательный эффект в наследовании анализируемых показателей. Лишь у Л 52/14 × Кофу в F₁ и F₂ выявлено положительное сверхдоминирование по МСР. Все созданные гибридные популяции являются ценными для селекции сои в южной лесостепи Западной Сибири. Но наибольшую перспективу представляет гибрид Л 52/14 × Пруденс – из него выделены популяции F₃ с продолжительностью вегетационного периода не более 105 сут с повышенными показателями трансгрессии по МСР. В популяциях F₃ остальных трех гибридов 16–35 % растений имели максимально допустимую для условий Западной Сибири ПВП – 118–125 сут. Но учитывая высокий потенциал продуктивности, они являются ценным исходным материалом для селекции сои в других регионах РФ.

Ключевые слова: соя (*Glycine max* L. Merrill), исходный сорт, внутривидовые гибриды, вегетационный период, масса семян с растения, характер наследования, сила и частота трансгрессии

Для цитирования: Омелянюк Л.В., Асанов А.М., Яценко Ю.И., и др. Результаты создания и изучения гибридных популяций сои в лесостепи Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2025. № 5. С. 104–117. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-5-104-117.

Ludmila Valentinovna Omelyanuk^{1✉}, Akimbek Myrzaevich Asanov², Yulia Ivanovna Yashchenko³,
Anatoly Nikolaevich Khalipisky⁴

^{1,2,3}Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia

⁴Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹milya1302@yandex.ru

²asanov@anc55.ru

³yashchenko@anc55.ru

⁴halipskiy@mail.ru

**RESULTS OF CREATION AND STUDY OF HYBRID SOYBEAN POPULATIONS
IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA**

The aim of the study is to create hybrid material valuable for breeding soybean varieties of the Siberian ecotype, combining early maturity with high seed productivity in the forest-steppe conditions of Western Siberia. The studies were conducted in 2020–2023 in the southern forest-steppe of the Omsk Region at the Omsk Scientific Research Center using generally accepted methods. Objects of study: 47 F₁-F₃ populations isolated from 4 hybrid combinations created in 2020 by crossing the early maturing line of local selection L 52/14 (Mageva × Dina) with later maturing paternal foreign varieties Prudence, Maxus, Kofu (Canada), Pripyat (Belarus), and these original forms. The weather conditions of the period May – September in the years of the experiments were dry (HTC in 2021 – 0.58; 2022 – 0.95; 2023 – 0.78), but relatively favorable for the development of soybean plants. The greatest transgression in seed weight per plant was established in the populations: F₂ (L 52/14 × Kofu) – the degree of T_c = 138.4 %, the frequency of T_{ch} = 20.9 % and F₃ (L 52/14 × Maxus) – T_c = 132.3 %, T_{ch} = 8.6 %. In F₁-F₃, all types of inheritance (hp) of the duration of the growing season (DVP) and seed weight per plant (SWP) were revealed. The earliest maturing population (L 52/14 × Prudence) (on average over 3 years, PVP = 90 days) had a negative effect in the inheritance of the analyzed indicators. Only L 52/14 × Kofu showed positive overdominance for MSR in F₁ and F₂. All the created hybrid populations are valuable for soybean breeding in the southern forest-steppe of Western Siberia. But the most promising is the hybrid L 52/14 × Prudence – from it, F₃ populations with a vegetation period of no more than 105 days with increased transgression rates for MSR were isolated. In the F₃ populations of the other three hybrids, 16–35 % of plants had the maximum permissible PVP for the conditions of Western Siberia – 118–125 days. But given the high productivity potential, they are valuable source material for soybean breeding in other regions of the Russian Federation.

Keywords: soybean (*Glycine max* L. Merrill), initial variety, intraspecific hybrids, vegetative period, seed weight per plant, inheritance character, transgression strength and frequency

For citation: Omelyanuk LV, Asanov AM, Yashchenko Yul, et al. Results of creation and study of hybrid soybean populations in the forest-steppe of Western Siberia. *Bulletin of KSAU*. 2025;(5):104-117. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-5-104-117.

Введение. Соя – стратегическая культура многоцелевого использования, ее мировое производство и потребление ежегодно возрастает [1, 2]. В России, по данным Росстата: посевные площади сои в 2024 г. по отношению к 2023 г. выросли на 17,1 % [3], а сборы соевых бобов (в весе после доработки) – на 3,1 % (на 214,2 тыс. т) и составили 7 040,2 тыс. т, что является рекордом за всю историю возделывания данной культуры в РФ [4].

Вывод А.А. Жученко, что «...степень приспособленности видов и сортов растений к местным условиям выступает в качестве основополагающего фактора», актуален и в наше время [5]. Одним из важных факторов получения высокого и стабильного урожая сои является правильный подбор сорта [6]. При продвижении сои в северные регионы самым приоритетным направлением является создание скороспелых сортов, хотя эта задача остается важной для всех регионов возделывания в России этой ценной агрокультуры [7].

Для решения данной задачи необходимо осуществлять отбор исходного материала по комплексу хозяйственно ценных признаков и свойств [8], постоянно изучать и использовать в селекции богатый и разнообразный материал разных стран [9]. Основным методом создания сортов сои по заданным параметрам все еще остается внутривидовая гибридизация между родительскими парами, составленными с использованием эколого-географического принципа, и последующий отбор из гибридных популяций [6, 8–13]. Благодаря гибридизации можно добиться объединения в одном генотипе полезных генов, сочетающих различные позитивные характеристики [9]. Несмотря на сложный и низкоэффективный процесс гибридизации сои, в течение 70-летней работы именно этим методом в Омском АНЦ создан уникальный генофонд сибирской сои [14]. В естественных погодных условиях ежегодно проводятся простые парные скрещивания и последующий многократный отбор [15].

Цель исследований: создать гибридный материал, ценный для селекции сортов сои сибирского экотипа, сочетающих скороспелость с высокой семенной продуктивностью в условиях лесостепи Западной Сибири.

Задачи: провести парные скрещивания и создать гибриды сои; изучить в полевых условиях гибридные популяции первого – третьего поколения в сравнении с их исходными формами по основным хозяйственно ценным признакам; выделить скороспелые, трансгрессивные по массе семян, растения и популяции, ценные для селекции скороспелых и продуктивных сортов сои в условиях лесостепи Западной Сибири.

Объекты и методы. Исследования проведены в 2020–2023 гг. в зоне южной лесостепи Омской области в ФГБНУ «Омский АНЦ». Гибридизация сои сделана в 2020 г. в естественных погодных условиях с использованием ультра-скороспелой материнской линии омской селекции Л 52/14 (Магева × Дина) и отцовских про-

дуктивных иностранных сортов из питомника экологического сортоиспытания: Пруденс, Максус, Кофу (Канада); Припять (Беларусь). Объекты исследования: 47 популяций F₁–F₃, выделенных из созданных 4 гибридных комбинаций: 4 популяции F₁, 13 – F₂, 30 – F₃ и 5 родительских сортов. Потомки F₁ каждого гибридного семени, выращенные в 2021 г., в 2022 г. изучались отдельно. К посеву в 2023 г. были отобраны самые лучшие трансгрессивные растения – 5–11 % от проанализированных, в зависимости от гибридной комбинации. По итогам структурного анализа в 2023 г., оставшиеся после негативной браковки семена объединены в популяции в зависимости от происхождения и уровня скороспелости и включены в селекционный процесс для дальнейшего размножения и отбора элит, а лучшие растения переданы для изучения в СП-1. За 3 года опытов проанализировано более 1,5 тыс. растений (табл. 1).

Таблица 1

Результаты гибридизации сои и объем изученного гибридного материала
The results of soybean hybridization and the amount of hybrid material studied

Показатель	Гибридная комбинация				Сумма
	(Л 52/14 × Пруденс)	(Л 52/14 × Кофу)	(Л 52/14 × Максус)	(Л 52/14 × Припять)	
Получено гибридных семян, шт. F ₀ – 2020 г.	3	5	3	7	18
Завязываемость, %	20	25	20	50	–
Изучено, шт.: растений, F ₁ – 2021 г.	1	4	3	5	13
популяций / растений, F ₂ – 2022 г.	1 / 31	4 / 115	3 / 92	5 / 164	13 / 402
популяций / растений, F ₃ – 2023 г.	4 (7,7 %*) / 129	13 (11,3 %*) / 430	5 (5,4 %*) / 123	8 (4,9 %*) / 268	30 (7,5 %*) / 950

* Процент от количества растений, убранных в 2022 г.

Закладка полевого опыта проведена по методике Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» (краткое наименование – ВИР) [16]. Гибридные популяции рядом с их исходными формами высевали вручную 17 мая (2021 г.), 23 мая (2022 г.), 19 мая (2023 г.), предшественник – озимые зерновые. Площадь питания растений 60 × 5 см, ширина междурядий – 60 см, количество семян у гибридов F₁, каждой линии

F₂, F₃ и Р-сорта – 40 шт. Уборка вручную: 2021 г. – 18 августа – 13 сентября; 2022 г. – 2 сентября – 3 октября; 2023 г. – 18 августа – 25 сентября. Вызревшие растения вырывались с корнем, завязывались в снопы с обязательной фиксацией их количества и даты уборки. Лишь растения, убранные 3 октября 2022 г. и 25 сентября 2023 г., находились в фазе созревания нижних бобов.

Структура урожая по основным элементам продуктивности сделана после полного высыхания снопов индивидуально у всех растений и

проанализирована отдельно для выборки данных каждой даты уборки.

С использованием пакета прикладных программ MS Excel сделана математическая обработка результатов исследований методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [17], рассчитан характер наследования анализируемых признаков (h_p) по формуле, предложенной Гриффингом (J.B. Griffing) [18]. Степень истинного гетерозиса ($G_{ист}$) определяли как отношение значения гибрида к лучшей родительской форме (%); степень (T_c) и частоту (T_c) транс-

грессии – по методике Г.С. Воскресенской и В.И. Шпота [19].

По классификации ВИР, продолжительность периода всходы – созревание в опыте варьировала от очень короткой до средней [20]. Для более подробного и объективного анализа особенностей фенотипического проявления и характера наследования этого показателя технологичности сои в условиях Западной Сибири растения в опыте нами были распределены на 6 групп спелости с другими характеристиками (табл. 2).

Таблица 2

Корректировка классификации сои по продолжительности вегетационного периода (ПВП) для условий Западной Сибири

Группа	ПВП, сут	Характеристика
По классификатору ВИР		
2	81–90	Очень короткий
3–4	91–110	Короткий
5–6	111–130	Средний
7–8	131–150	Длинный
9	> 150	Очень длинный
В соответствии с условиями Западной Сибири		
1	85	Очень короткий
2	95	Короткий
3	105	Оптимальный, средний
4	110	Оптимальный, максимально возможный
5	118	Длинный
6	125	Очень длинный, максимально возможный
7	> 125	Недопустимый

Метеоусловия вегетационного периода (май – сентябрь) в годы изучения гибридных популяций были очень контрастными, с многодневной засухой и редкими, но сильными дождями [21]. В августе и сентябре (период образования и созревания бобов сои) температура воздуха была в пределах от 11 до 25 °С и от 8 до 24 °С соответственно (рис. 1). В 2021 г. в мае – сентябре условия в целом были засушливыми: средняя температура воздуха 16,7 °С (+1,2 °С к норме), сумма осадков 168 мм (71 % от нормы), ГТК 0,58. Самой неблагоприятной для сои была погода в мае (ГТК 0,25), в III декаде июля (ГТК 0,32) и августа (ГТК 0,27). В 2022 г.: 16,1 °С (+0,5 °С к норме) и 255,6 мм (107,8 %), ГТК 0,95. Очень высокий уро-

вень засухи зафиксирован в мае (ГТК 0,25) и в III декаде августа (ГТК 0,09). Теплая и сухая погода стояла в первой половине сентября (ГТК 0,59). В 2023 г.: 16,8 °С (+1,2 °С к норме) и 193 мм (81 %), ГТК 0,78. Очень сухими были I и II декады в июне (ГТК 0,21) и сентябре (ГТК 0,17); а также I декады в июле (ГТК 0,47) и августе (ГТК 0,22). С 11 по 15 сентября температура воздуха была выше, чем в те же даты августа (рис. 1). Вегетация позднеспелых образцов во второй половине сентября проходила в условиях положительных температур (от 9 до 14 °С) и очень низкой влажности почвы, что стало причиной усыхания зеленых листьев.

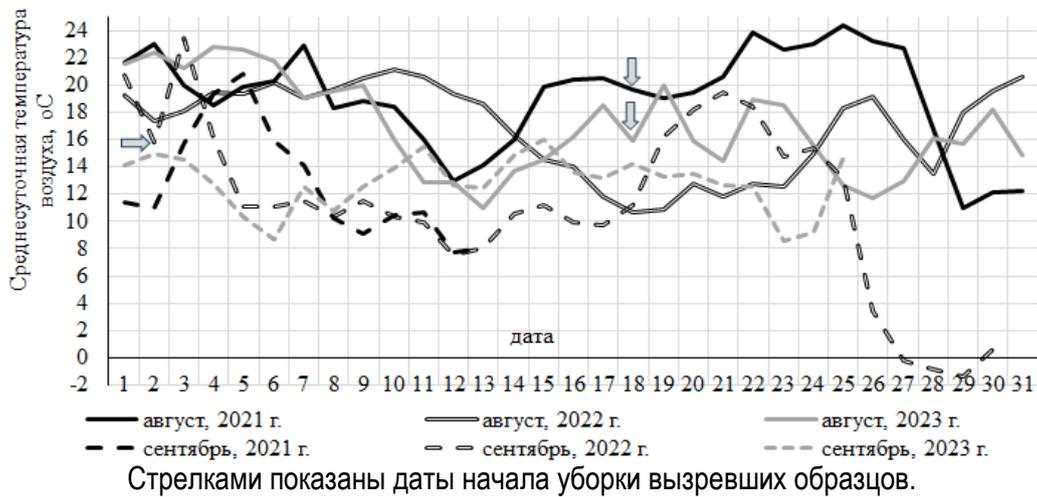


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха в период образования и созревания бобов сои, °С (август и сентябрь 2021–2023 гг.)
Average daily air temperature during the formation and maturation of soybeans, °C (August and September 2021–2023)

Результаты и их обсуждение. Из исходных форм самым скороспелым был материнский образец Л 52/14 (в среднем за 3 года – 92 сут); наиболее позднеспелый из отцовских сортов –

Кофу (118 сут.) (рис. 2), в 2022 г. лишь 44 % растений этого канадского сорта сформировали полноценные семена.

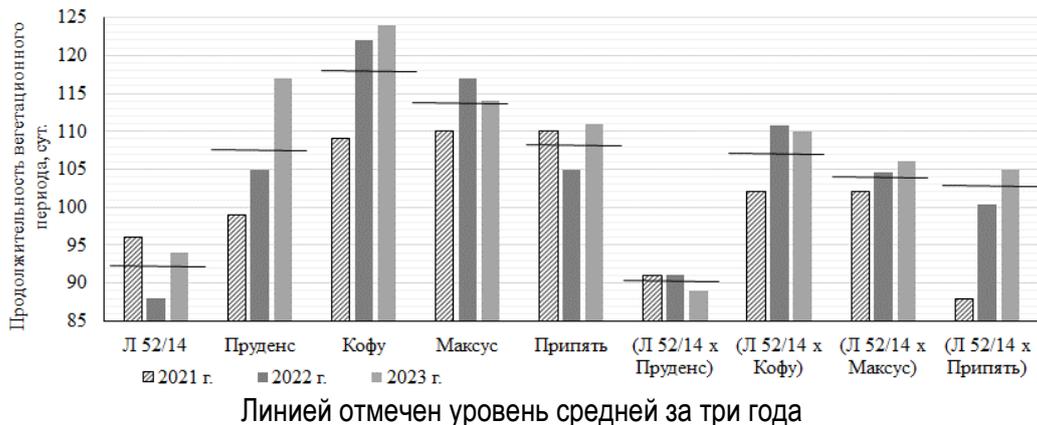


Рис. 2. Продолжительность вегетационного периода у родительских сортов и гибридов F₁ (2021 г.), F₂ (2022 г.) и F₃ (2023 г.), сут
Duration of the growing season in parent varieties and hybrids F₁ (2021), F₂ (2022) and F₃ (2023), days

Самой скороспелой (в среднем за 3 года) стала популяция (Л 52/14 × Пруденс) – 90 сут, только у нее выявлен желательный для селекции эффект в наследовании продолжительности вегетационного периода (ПВП): отрицательное сверхдоминирование (-СД) в F₁ (2021 г.) и отрицательное доминирование (-Д) в F₂ (2022 г.) (табл. 3). У наиболее позднеспелой популяции (Л 52/14 × Кофу), и у (Л 52/14 × Максус) анализируемый показатель был практически одинаковым: в 2021 г. промежуточное наследование

(ПН), в 2022 г. – положительное доминирование (+Д). Наиболее сильно увеличилась ПВП в F₂ комбинации (Л 52/14 × Припять), по сравнению с F₁ – +12 сут.

Потомки отдельных растений F₁ с одинаковым происхождением, в F₂ различались между собой по уровню скороспелости не более чем на 2–5 сут. и имели h_p +СД (5 популяций) или +Д (6 популяций) (табл. 4). Исключением являются самые скороспелые в 2022 г.: № 1 (Л 52/14 × Пруденс) с отрицательным доминированием

(-Д) и № 13 (Л 52/14 × Припять) с ПН. У всех популяций F₂, кроме (Л 52/14 × Кофу), от 52 до 78 % растений вошли в группы № 2 и № 3 с оптимальной ПВП 95 или 105 сут (рис. 3). Но лишь в группе № 3 (105 сут) масса семян с растения (МСП) стабильно превышала среднюю в попу-

ляции. Из-за особенностей гидротермического обеспечения в августе и первой половине сентября растений из группы № 4 (110 сут.) не было – вызревшие убраны 19 сентября, а оставшиеся затащили вегетацию.

Таблица 3

Характер наследования продолжительности вегетационного периода и массы семян с растения (h_p) в F₁ (2021 г.) и F₂ (2022 г.), уровень трансгрессии по массе семян с растения в F₂ (2022 г.) и F₃ (2023 г.)

The nature of inheritance of the length of the growing season and the weight of seeds from a plant (h_p) in F₁ (2021) and F₂ (2022), the level of transgression by weight of seeds from a plant in F₂ (2022) and F₃ (2023)

Популяция	Вегетационный период, h _p		Масса семян с растения					
			h _p		трансгрессия, %			
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2022 г.		2023 г.	
					Tc*	Tc**	Tc	Tc
(Л 52/14 × Пруденс)	-4,33	-0,64	-0,70	-1,02	29,7	9,7	28,4	5,4
(Л 52/14 × Кофу)	-0,08	0,95	1,12	2,34	138,4	20,9	79,6	8,4
(Л 52/14 × Максус)	-0,14	0,95	1,31	-0,78	70,6	6,5	132,3	8,6
(Л 52/14 × Припять)	-2,14	0,78	0,40	-0,26	60,3	5,5	53,9	5,6

Примечание: (*) – степень трансгрессии; (**) – частота трансгрессии.

Таблица 4

Характер наследования продолжительности вегетационного периода и массы семян с растения (h_p), гетерозис истинный (Г_{ист}) и трансгрессия в F₂ (2022 г.) по массе семян с растения у популяций – потомков отдельных растений F₁

The nature of inheritance of the length of the growing season and the mass of seeds from a plant (h_p), true heterosis (Hist) and transgression in F₂ (2022) by the mass of seeds from a plant in populations descended from individual F₁ plants

Популяция		Вегетационный период		Масса семян с растения					Посеяно в 2023 г.***
Происхождение	№ п/п	сут*	h _p	V**, %	Г _{ист} , %	h _p	трансгрессия, %		
							Tc	Tc	
(Л 52/14 × Пруденс)	1	91,1	-0,64	42,5	94,3	-1,02	29,7	9,7	4
(Л 52/14 × Кофу)	2	110,6	0,92	55,0	120,3	2,04	81,5	13,8	3
	3	110,5	0,92	42,3	121,2	2,08	45,1	17,2	4
	4	111,7	1,01	76,9	114,2	1,73	106,3	23,3	1
	5	110,9	0,95	57,3	141,2	3,10	111,0	28,6	5
(Л 52/14 × Максус)	6	102,3	0,69	54,3	97,7	0,29	45,9	9,7	1
	7	105,2	1,04	61,2	105,0	2,54	79,2	10,3	4
(Л 52/14 × Припять)	8	106,1	1,14	47,1	82,4	-4,43	11,7	0	0
	9	98,9	0,70	55,3	76,9	-0,22	8,0	0	0
	10	101,0	1,02	58,9	81,2	0,00	22,5	3,7	1
	11	103,5	1,40	82,9	65,8	-0,81	36,6	9,1	2
	12	98,1	0,57	62,5	89,3	0,43	42,7	9,1	4
	13	95,8	0,21	57,9	77,1	-0,21	15,4	5,5	1

Примечание: (*) – средневзвешенная средняя, рассчитанная в соответствии с количеством растений в каждой группе спелости; (**) – коэффициент вариации у исходных сортов: Л 52/14 V = 30,8 %; Пруденс – V = 34,5 %; Кофу – V = 34,4 %; Максус – V = 48,1 %; Припять – V = 33,4 %; (***) – для посева выбраны лучшие по массе семян растения с ПВП 95 или 105 сут.

В наследовании МСР лишь у Л 52/14 × Кофу в двух первых поколениях выявлено +СД, у Л 52/14 × Максус +СД в F₁ сменилось на -Д в F₂. У скороспелой популяции Л 52/14 × Пруденс индекс h_p отрицательный и самая низкая в опыте трансгрессия, но средняя МСР (9,5 г/раст.) на

уровне комбинации Л 52/14 × Максус (рис. 3), имеющей высокую степень трансгрессии – Тс = 70,6 % (см. табл. 3). Наибольшей трансгрессией отличилась позднеспелая популяция F₂ Л 52/14 × Кофу – Тс = 138,4 % и Тч = 20,9 %.

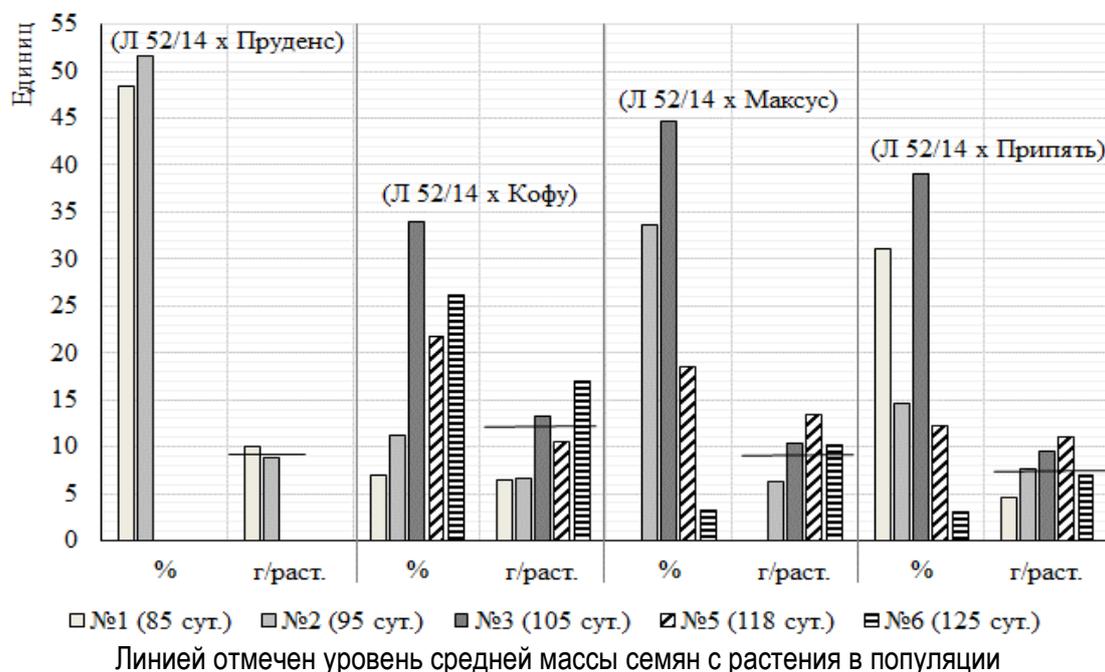


Рис. 3. Доля растений (% от количества в гибридной комбинации) и их продуктивность (г/раст.) в зависимости от группы спелости в популяциях F₂ (2022 г.)
 The proportion of plants (% of the amount in the hybrid combination) and their productivity (g/plant) depending on the ripeness group in F₂ populations (2022)

Исходные сорта и популяции имели значительную изменчивость МСР: у Р форм – коэффициент вариации (V) от 31 до 48 %; наибольшие значения у № 4 (Л 52/14 × Кофу) и № 11 (Л 52/14 × Припять), соответственно V = 76,9 % и V = 82,9 % (табл. 3). Популяции с одинаковым происхождением отличались друг от друга по характеру наследования и уровню трансгрессии МСР. У № 7 (Л 52/14 × Максус) и всех популяций (Л 52/14 × Кофу) выявлен гетерозис, +СД и повышенный процент трансгрессии с максимумом у № 5: Г_{ист} = 141 %, h_p = 3,10, Тс = 111,0 %, Тч = 28,6 %. В целом в F₂ связь частоты трансгрессии с уровнем скороспелости невысокая (r = 0,391 ± 0,246), но степень трансгрессии была наименьшей у самых скороспелых и позднеспелых образцов (η = 0,471). По комплексу морфологических признаков и полученных статистических данных проведена браковка гибридного материала. Для изучения в 2023 г. из каждого

номера было отобрано 1–5 трансгрессивных растений с ПВП в основном 95 или 105 сут, № 8 и № 9 исключены из опыта из-за низкой продуктивности. Остальные гибридные семена, в т. ч. из популяций № 8 и № 9, в соответствии с группой спелости и происхождением объединены для пересева.

В 2023 г. у всех популяций F₃ проявилось дальнейшее расщепление по ПВП, в т. ч. и у № 1-1 и № 1-4 (Л 52/14 × Пруденс) – выращенных из семян растений группы № 1 (85 сут), и у № 5-5 (Л 52/14 × Кофу) – потомка растения из группы № 6 (125 сут) В целом ПВП сдвинулась в сторону позднеспелости – у групп № 3 (105 сут) и № 4 (110 сут) от 50 до 70 % (рис. 4). Доля растений, которые были недостаточно скороспелыми в сибирских условиях, так как имели ПВП 118 или 125 сут в популяции (Л 52/14 × Кофу) – 35 %, (Л 52/14 × Максус) – 15,7 % и (Л 52/14 × Припять) – 17,4 %. Но, учитывая высокую про-

дуктивность, часть из них является ценным исходным материалом и для селекции в других регионах РФ, в т. ч. в Алтайском крае.

В F₃ выявлено высокое варьирование МСР (табл. 5), но связь между средней продуктивностью растений в популяции и V слабая ($r = 0,285 \pm 0,168$).

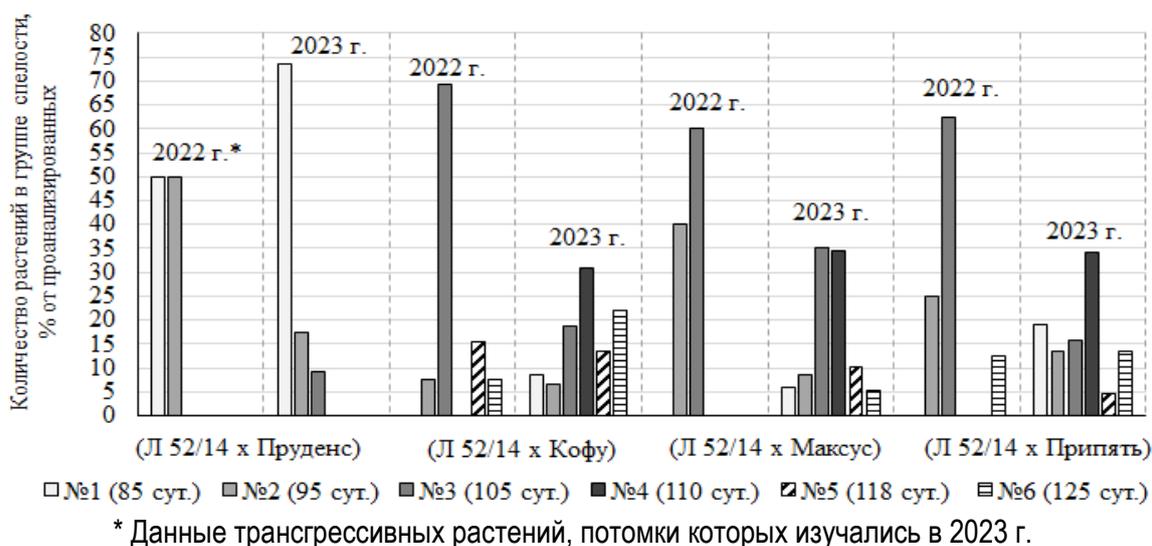


Рис. 4. Распределение растений по группам спелости в популяциях F₃ (2023 г.) и их исходных растений F₂ (2022 г.), %
Distribution of plants by maturity groups in populations F₃ (2023) and their source plants F₂ (2022), %

Таблица 5

Масса семян с растения и трансгрессия у популяций F₃ (2023 г.)
Seed weight from a plant and transgression in F₃ populations (2023)

Номер популяции, 2023 г.*	Масса семян с растения, г				Доля растений лучше, чем ♀ Л 52/14****, %		Трансгрессия, %		Отобрано элит		
	исходного растения**	среднее		V***, %	в популяции	в т. ч. лучше ♂ *****	Тс	Тч	шт.	% *****	
		популяции	3 лучших								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
(Л 52/14 × Пруденс)										65	50,4
1-1	17,9	10,6	25,3	58,6	45,5	20,0	23,8	6,1	24	72,7	
1-2	17,5	9,3	23,3	71,3	59,4	21,1	14,0	3,1	12	37,5	
1-3	17,2	11,3	21,4	51,3	52,0	15,4	4,7	0	13	52,0	
1-4	16,1	9,8	33,3	93,7	33,3	38,5	62,8	10,3	16	41,0	
(Л 52/14 × Кофу)										220	51,2
2-1	19,9	8,6	24,0	71,4	50,0	15,8	17,3	2,6	18	47,4	
2-2	15,9	10,7	28,8	74,9	41,9	53,8	40,7	6,5	16	51,6	
2-3	27,8	11,6	31,7	83,0	48,4	60,0	55,0	9,7	17	54,8	
3-1	18,3	11,3	38,5	89,2	48,6	47,1	88,3	8,6	18	51,4	

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3-2	22,8	10,4	27,6	68,7	47,1	43,8	34,8	8,8	17	50,0
3-3	15,6	9,3	28,4	83,7	32,4	58,3	38,6	5,4	21	56,8
3-4	17,1	11,0	33,9	84,0	45,5	46,7	65,7	6,1	19	57,6
4-1	35,5	13,5	39,0	85,7	52,0	61,5	90,5	12,0	13	52,0
5-1	28,2	11,1	35,6	91,6	41,2	57,1	74,0	11,8	15	44,1
5-2	24,4	10,3	29,5	86,3	36,1	53,8	44,1	2,8	17	47,2
5-3	28,6	10,8	33,1	86,9	37,5	75,0	61,7	12,5	14	43,8
5-4	23,1	11,5	31,4	86,7	45,5	80,0	53,5	12,1	16	48,5
5-5	32,8	13,8	34,7	72,2	54,8	64,7	69,4	12,9	19	61,3
(Л 52/14 × Максус)									100	81,3
6-1	16,5	15,7	34,4	65,8	61,9	53,8	68,1	9,5	18	85,7
7-1	17,4	9,2	21,6	68,2	44,7	23,5	5,5	0	23	60,5
7-2	20,1	10,6	29,0	83,7	44,4	25,0	41,9	3,7	17	63,0
7-3	19,4	21,9	49,8	82,8	73,3	72,7	143,0	33,3	26	93,3
7-4	25,2	12,4	39,8	112,7	36,4	50,0	94,3	9,1	16	72,7
(Л 52/14 × Припять)									164	61,2
10-1	24,2	11,7	36,1	88,9	45,9	64,7	76,2	5,4	24	64,9
11-1	19,9	7,0	18,2	70,4	25,7	33,3	-11,1	0	5	14,3
11-2	17,2	11,4	28,0	69,5	39,4	76,9	37,0	12,1	24	72,7
12-1	20,1	10,4	26,5	72,5	50,0	62,5	29,3	6,3	20	62,5
12-2	20,8	11,6	30,6	70,1	54,8	58,8	49,4	9,7	21	67,7
12-3	18,1	10,7	24,2	63,0	54,3	42,1	18,0	2,9	27	77,1
12-4	15,6	12,2	26,7	52,6	64,5	55,0	30,2	6,5	25	80,6
13-1	18,5	8,7	24,7	84,3	28,6	70,0	20,5	2,9	18	51,4

Примечание: (*) – первая цифра – номер в 2022 г.; (**) – данные 2022 г.; (***) – коэффициент вариации у исходных сортов: Л 52/14 – $V = 55,0$ %, Пруденс – $V = 62,3$ %, Кофу – $V = 66,2$ %, Максус – $V = 48,1$ %, Припять – $V = 63,9$ %; (****) – сравнение со средней массой семян с растения в 2023 г.; (*****) – 100 % – количество растений, превысивших среднюю МСР Л 52/14; (*****) – 100 % – общее количество растений в популяции.

По МСР большинство номеров F_3 уступило исходному растению из F_2 , но среднее по трем лучшим растениям было на его уровне или значительно выше. Наблюдается и большая доля растений, превысивших по массе семян не только материнскую линию, но и более продуктивный отцовский сорт. В популяции № 7-3 (Л 52/14 × Максус) – самой успешной по всем показателям, представленным в таблице 4, 60 % растений имели предельно допустимую для сибирских условий ПВП 118–125 сут.

Коэффициент корреляции между продуктивностью растений и уровнем их скороспелости составил в F_2 $r = 0,611$, в F_3 зависимость криволинейная $\eta = 0,555$. Сила связи между анализируемыми показателями среднего уровня гово-

рит о потенциальной возможности их сочетания в одном генотипе сои. Полученные данные доказывают стабильное преимущество более позднеспелых генотипов над скороспелыми по МСР лишь у двух популяций: (Л 52/14 × Кофу) – $r = 0,847$ и $r = 0,770$ соответственно в 2022 и 2023 гг., и (Л 52/14 × Максус) – $r = 0,720$ и $\eta = 0,493$ (рис. 5). У (Л 52/14 × Припять) линия тренда показывает криволинейную зависимость, но очень скороспелые также самые низкопродуктивные. Коэффициент корреляции в популяции F_2 (Л 52/14 × Пруденс) $r = -1$ (рис. 5, А), в 2023 г. направление связи меняется на противоположное ($r = 0,979$); в то же время оптимальное значение ПВП 105 сут сочетается с максимальной в опыте по этой группе спелости МСР

21,0 г, что значительно выше показателя Л 52/14 × Припять – 13,8 г/раст. (рис. 5, Б).

В целом у популяций при необходимой для Сибирского региона ПВП 95–105 сут потенциальная продуктивность растений в F₂ (2022 г.) находилась на уровне от 7,8 до 11,0 г, как и МСР позднеспелых отцовских форм (рис. 5, А); наиболее высокий показатель анализируемого

признака в группе № 3 (105 сут) у популяции (Л 52/14 × Кофу) – 13,3 г/раст. В F₃ (2023 г.) нижний уровень МСР не изменился, но максимум вырос до 21,0 г. У отцовских сортов продуктивность растений значительно улучшилась по сравнению с 2022 г., Максус и Кофу были стабильно самыми позднеспелыми.

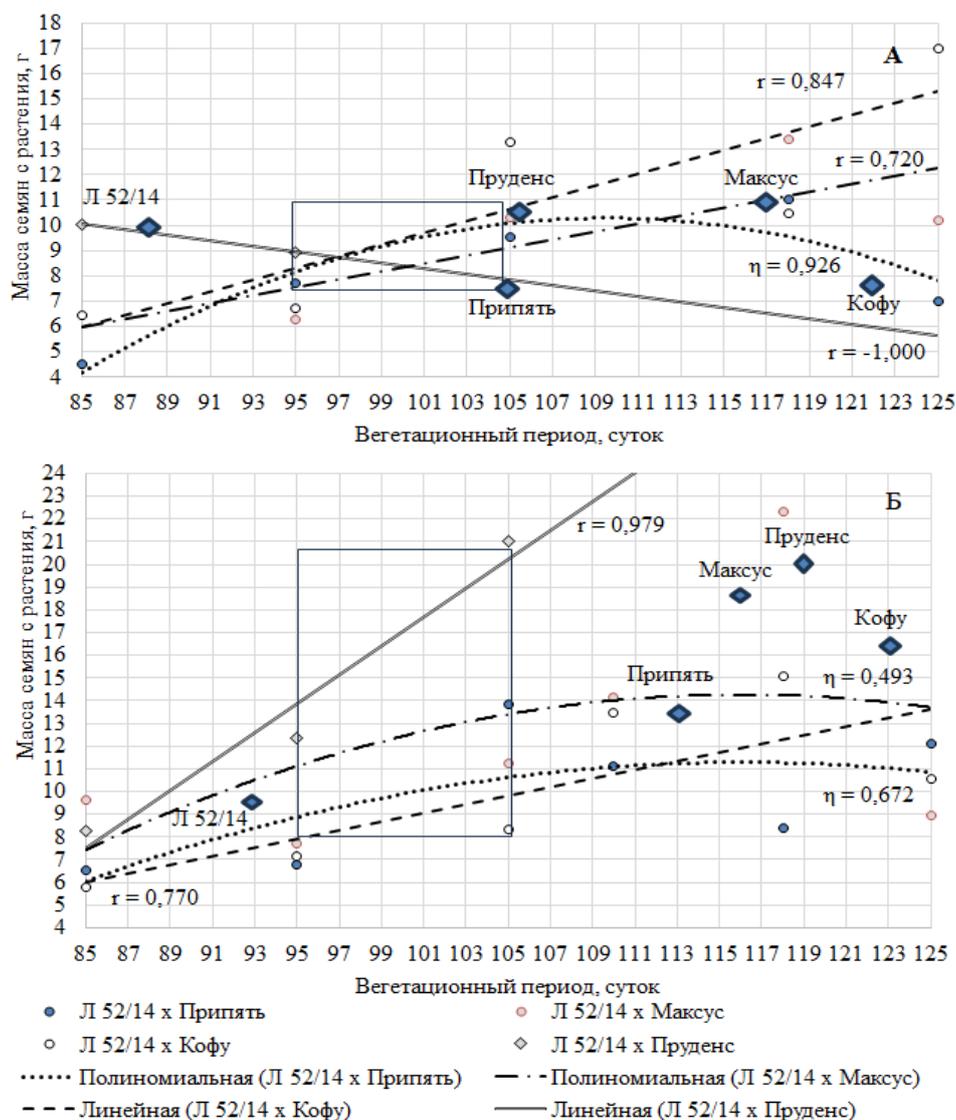


Рис. 5. Корреляционная связь массы семян с растения с продолжительностью вегетационного периода в популяциях F₂ (А) и F₃ (Б)
Correlation between the mass of seeds per plant and the duration of the growing season in populations F₂ (A) and F₃ (B)

При подборе пар для скрещивания следует учитывать, что наиболее высокие показатели трансгрессии по МСР дают гибриды, родительские формы которых существенно отличаются по максимальному числу элементов продуктивности [12]. Именно значительное различие меж-

ду материнской и отцовскими формами обеспечили высокий уровень трансгрессии у популяций F₂ и F₃ в нашем опыте. Из гибридных комбинаций по комплексу проанализированных элементов структуры урожая с учетом скороспелости отобрано 549 лучших растений (элит)

(см. табл. 5) – более 50 % от проанализированных в опыте растений. Эти элиты, посеянные в 2024 г. в питомнике СП-1, с большой вероятностью также являются базой для дальнейшего отбора.

Заключение. Из исходных сортов, включенных в скрещивания, самой скороспелой была материнская линия Л 52/14 (в среднем за 3 года 92 сут); наиболее позднеспелый из отцовских форм – канадский сорт Кофу (118 сут).

Исследования выявили в F_1 – F_3 разные типы наследования ПВП и МСР, в зависимости от гибридного поколения и варианта скрещивания, – h_p от -СД до +СД. Самая скороспелая популяция – Л 52/14 × Пруденс (в среднем за 3 года 90 сут), только у нее выявлен желательный для селекции сои стабильный отрицательный эффект в наследовании ПВП, но h_p по МСР также отрицательный. В наследовании МСР лишь у Л 52/14 × Кофу в двух первых поколениях выявлено +СД.

Значительное различие между материнской и отцовскими формами по скороспелости и продуктивности обеспечили высокий уровень трансгрессии в F_2 и F_3 . Наибольшей трансгрессией по МСР отличились популяции: F_2 (Л 52/14 × Кофу) – $T_c = 138,4$ %, $T_c = 20,9$ % и F_3 (Л 52/14 × Максус) – $T_c = 132,3$ %, $T_c = 8,6$ %.

Связь между продуктивностью растений и уровнем их скороспелости средней силы говорит о потенциальной возможности их сочетания в одном генотипе сои. Выявлено преимущество более позднеспелых генотипов над скороспелыми по МСР лишь у двух популяций: (Л 52/14 × Кофу) и (Л 52/14 × Максус). У (Л 52/14 × При-

пятю) зависимость криволинейная, но очень скороспелые растения также самые низкопродуктивные. У потомков трансгрессивных растений F_2 (Л 52/14 × Пруденс) в F_3 оптимальное значение ПВП (105 сут) сочетается с максимальной в опыте по этой группе спелости МСР (21,0 г), что значительно выше показателя (Л 52/14 × Припять).

Из гибридных комбинаций по комплексу проанализированных элементов структуры урожая с учетом скороспелости отобрано 549 лучших растений – более 50 % от проанализированных в опыте растений. Эти элиты, с большой вероятностью, также являются базой для дальнейшего отбора.

Таким образом, исследования показали, что все созданные гибридные популяции – ценные для селекции скороспелых и продуктивных сортов в условиях южной лесостепи Западной Сибири, так как в F_2 и F_3 большинство растений вызрело за 95–110 сут. Наибольшую перспективу представляет комбинация (Л 52/14 × Пруденс) – в первых гибридных поколениях не выявлено растений с ПВП более 105 сут и есть номера с повышенными показателями трансгрессии по МСР. В популяциях F_3 доля растений, недостаточно скороспелых в сибирских условиях (ПВП 118 или 125 сут), составила: Л 52/14 × Кофу – 35 %; Л 52/14 × Максус – 15,7; Л 52/14 × Припять – 17,4 %. Учитывая высокий потенциал продуктивности, часть из них является ценным исходным материалом для селекции сои и в других регионах РФ, в т. ч. в Алтайском крае.

Список источников

1. Гуреева Е.В. Скрининг коллекционных образцов сои по скороспелости и продуктивности в условиях Рязанской области // Вестник АПК Верхневолжья. 2019. № 3 (47). С. 13–16. DOI: 10.35694/YARCX.2019.47.3.003.
2. Voora V., Larrea C., Bermúdez S. Global Market Report: Soybeans // IISD (International Institute for Sustainable Development). Published 22.10.2020. Available at: <https://iisd.org/system/files/2020-10/ssi-globalmarket-report-soybean.pdf>. Accessed: 15.08.2024.
3. О расширении посевных площадей по культурам в 2024 году // Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр». Доступно по: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-nekotoryh-klyuchevyh-selskohozyaystvennyh-kultur-v-rossii-dannye-na-2024-god>. Ссылка активна на 15.08.2024.
4. Соя: площади, сборы и урожайность в России в 2024 году // Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр». Доступно по: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-nekotoryh-klyuchevyh-selskohozyaystvennyh-kultur-v-rossii-dannye-na-2024-god>. Ссылка активна на 15.08.2024.

5. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика). М.: Агрорус, 2004. 1110 с.
6. Реутина А.В., Картамышева Е.В., Лучкина Т.Н. Сорты сои донской селекции // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИЗБК. 2018. Вып. 4 (176). С. 27–30. DOI: 10.25230/2014-608X-2018-4-176-27-30.
7. Козлова Е.И., Новак М.А., Яндьо В.В. Региональные аспекты развития рынка сои на современном этапе // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 1 (76). С. 213–220. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_1_213.
8. Парамонов А.В. Особенности наследования некоторых хозяйственно ценных признаков сои // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 2-1 (41). С. 153–157. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10129.
9. Цюй Мэннань, Ван Цзиньсин Селекционные исследования при создании нового высококачественного и высокоурожайного сорта сои Suinong 88 // Агронаука. 2023. Т. 1, № 1. С. 81–84.
10. Григорчук Н.Ф. Наследование уровня масличности у сои // Науково-технічний бюллетень Інституту олійних культур НААН. 2010. № 15. С. 8–10.
11. Кочегура А.В., Трунова М.В., Ткачева А.А., и др. Эффективность гибридизации сои в Условиях Юга Европейской части России // Научно-технический бюллетень ВНИИЗБК. 2016. Вып. 2 (166). С. 50–56.
12. Кашеваров Н.И., Полюдина Р.И., Потапов Д.А. Новый сорт сои Горинская // Кормопроизводство. 2021. № 5. С. 36–43.
13. Галиченко А.П. Наследование количественных признаков и эффект гетерозиса у гибридов сои первого поколения // Вестник НГАУ. 2024. № 1. С. 34–40. DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-34-40.
14. Асанов А.М., Омелянюк Л.В., Халипский А.Н. Урожайность сортов сои различного происхождения в условиях Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2023. № 8. С. 54–63. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-54-63.
15. Омелянюк Л.В., Асанов А.М., Яценко Ю.И. Продолжительность вегетационного периода и продуктивность растений сои в первом и втором гибридном поколении. В сб.: Международный научно-практический форум, посвященный 90-летию СибНИИСХ, 5-летию ФГБНУ «Омский АНЦ» «Омский АНЦ: сохранение традиций на пути к технологиям будущего», 1–2 августа 2023 г., Омск. Омск: Омский АНЦ, 2023. С. 113–120.
16. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: методические указания / под науч. ред. М.А. Вишняковой. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: ВИР, 2018. 143 с.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд. М.: Колос, 1985. 351 с.
18. Griffing J.V. Concept of general and specific combining ability in relation of diallel crossing systems // Austral Biology Science. 1956. Vol. 9. P. 463–493.
19. Воскресенская Г.С., Шпота В.И. Трансгрессии признаков у гибридов Brassica и методика количественного учета этого явления // Доклады ВАСХНИЛ. 1967. № 7. С. 18–20.
20. Сеферова И.В., Перчук И.Н., Шолузова Т.А., и др. Соя: исходный материал для селекции в южных регионах Российской Федерации / ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова. СПб.: ВИР, 2020. 32 с. DOI: 10.30901/978-5-907145-17-7.
21. Погода в Омске. Доступно по: <http://pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28698&month=10&year>. Ссылка активна на 15.04.2024.

References

1. Gureeva E.V. Screening of collectable samples of soybeans on early ripeness and productivity in the conditions of the Ryazan Region. *Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald*. 2019(3):13–16. DOI: 10.35694/YARCX.2019.47.3.003. EDN: OZUETK.
2. Voora V, Larrea C, Bermúdez S. Global Market Report: Soybeans. *IISD (International Institute for Sustainable Development)*. Published 22.10.2020. Available at: <https://iisd.org/system/files/2020-10/ssi-globalmarket-report-soybean.pdf>. Accessed: 15.08.2024.

3. O rasshirenii posevnyh ploschadej po kul'turam v 2024 godu. *Ekspertno-analiticheskij centr agrobiznesa «AB-Centr»*. Available at: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-nekotoryh-klyuchevyh-selskohozyaystvennyh-kultur-v-rossii-dannye-na-2024-god>. Accessed: 15.08.2024.
4. Soya: ploschadi, sbory i urozhajnost' v Rossii v 2024 godu. Available at: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-nekotoryh-klyuchevyh-selskohozyaystvennyh-kultur-v-rossii-dannye-na-2024-god>. Accessed: 15.08.2024.
5. Zhuchenko AA. *Resursnyj potencial proizvodstva zerna v Rossii (teoriya i praktika)*. Moscow: Agrorus; 2004. 1110 p. EDN: OUFHLU.
6. Reutina AV, Kartamysheva EV, Luchkina TN. Soybean cultivars of the Rostov region's breeding. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskij byulleten' VNIIZBK*. 2018;(4):27-30. DOI: 10.25230/2014-608. EDN: VSNNYA.
7. Kozlova EI, Novak MA, Yando VV. Regional aspects of soybean market development at the present stage. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(1):213-220. (In Russ.). DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_1_213-220.
8. Paramonov AV. features of inheritance of some economically valuable signs of soy. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2020;2-1:53-157. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10129. EDN: VOAMLN.
9. Qu M, Wang J. Breeding research in the creation of a new high-quality and high-quality soybean variety Suinong 88. *Agronauka*. 2023;1(1):81-84. EDN: NCBYUG
10. Grigor'chuk NF. Nasledovanie urovnya maslichnosti u soi. *Nauchno-tekhnicheskij byulleten' instituta maslichnyh kul'tur NAAN*. 2010;15:8-10.
11. Kochegura AV, Trunova MV, Tkachyova AA, et al. Efficiency of soybean hybridization in conditions of the South of European part of Russia. *Nauchno-tekhnicheskij byulleten' VNIIZBK*. 2016;2: 50-56. EDN: WXSCLP.
12. Kashevarov NI, Polyudina RI, Potapov DA. New cultivar of soybean Gorinskaya // *Kormoproizvodstvo*. 2021;5:36-43. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-5-4. EDN: LMVAGA.
13. Galichenko AP. Inheritance of quantitative traits and the effect of heterosis in first-generation soybean hybrids. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2024;(1):34-40. (In Russ.). DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-34-40. EDN: IUPWYI.
14. Asanov AM, Omel'yanyuk LV, Khalip'skij AN. Yield of different origin soybean variety under the Western Siberia conditions. *Bulliten of KSAU*. 2023;(8):54-63. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-54-63. EDN: FBXUFS.
15. Omel'yanyuk LV, Asanov AM, Yashchenko Yul. Prodolzhitel'nost' vegetacionnogo perioda i produktivnost' rastenij soi v pervom i vtorom gibridnom pokolenii. In: *Mezhdunarodnyj nauchno-prakticheskij forum, posvyashchennyj 90-letiyu SibNIISH, 5-letiyu FGBNU «Omskij ANC», 1-2 avgusta 2023 g., Omsk*. Omsk: FGBOU Omskij ANC. P. 113–120.
16. Vishnyakova MA, editor. *Kollekciya mirovyh geneticheskikh resursov zernovyh bobovyh VIR: popolnenie, sohranenie i izuchenie: metodicheskie ukazaniya*. 2nd ed. Saint-Petersburg: VIR, 2018. 143 p.
17. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta*. 5th ed. Moscow: Kolos, 1985. 351 p. EDN: ZJQBUD
18. Griffing J.B. Concept of general and specific combining ability in relation of diallel crossing systems. *Austral Biology Science*. 1956;9:463–493. DOI: 10.1071/BI9560463.
19. Voskresenskaya GS, Shpota VI. Transgressii priznakov u gibridov Brassica i metodika kolichestvennogo ucheta etogo yavleniya. *Doklady VASHNIL*. 1967;(7):18–20.
20. Seferova IV, Perchuk IN, Sholuzova TA, et al.; FIC VIGRR im. N.I. Vavilova. *Soya: Iskhodnyj material dlya selekcii v yuzhnyh regionah Rossijskoj Federacii*. Saint-Petersburg: VIR, 2020. 32 s. DOI: 10.30901/978-5-907145-17-7. EDN: LLYFZE.
21. *Pogoda v Omske*. Available at: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28698&month=10&year>. Accessed: 15.05.2024.

Статья принята к публикации 18.03.2025 / The article accepted for publication 18.03.2025.

Информация об авторах:

Людмила Валентиновна Омелянюк¹, главный научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых культур, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Акимбек Мырзаевич Асанов², ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции зернобобовых культур, кандидат сельскохозяйственных наук

Юлия Ивановна Яценко³, младший научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых культур

Анатолий Николаевич Халипский⁴, профессор, заведующий кафедрой растениеводства, селекции и семеноводства, доктор биологических наук, профессор

Information about the authors:

Ludmila Valentinovna Omelyanuk¹, Chief Researcher at the Laboratory of Selection of Grain Legumes, Doctor of Agricultural Sciences, Doccent

Akimbek Myrzaevich Asanov², Leading Researcher, Head of the Laboratory for Selection of Grain Legumes, Candidate of Agricultural Sciences

Yulia Ivanovna Yashchenko³, Junior Researcher, Laboratory of Leguminous Crops Selection

Anatoly Nikolaevich Khalipsky⁴, Professor, Head of the Department of Plant Growing, Selection and Seed Production, Doctor of Biological Sciences, Professor

