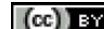

Научная статья

УДК 633.521:633.854:575.1

DOI: 10.30901/2658-6266-2025-4-o10



Источники, признаковые коллекции и доноры для селекции подсолнечника

В. А. Гаврилова, И. Н. Анисимова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Вера Алексеевна Гаврилова, v.gavrilova@vir.nw.ru

Для решения задачи создания отечественных конкурентоспособных гибридов подсолнечника, адаптированных к меняющимся условиям внешней среды, необходимо активное вовлечение в селекционные программы нового исходного материала, источник которого – материалы из коллекции ВИР, насчитывающей 2300 образцов подсолнечника в постоянном каталоге. Одним из целевых индикаторов Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы является достижение к 2030 году уровня самообеспеченности семенами отечественных гибридов подсолнечника не менее 75%. Для подбора исходных форм для селекционных программ по созданию гетерозисных гибридов и активного их включения в исследования необходимы: концентрированные сведения о потенциально наиболее востребованных образцах и достаточное количество семян таких образцов в активной коллекции. В настоящей статье представлены сведения об образцах подсолнечника, предоставленные по заявкам в период 2020-2025 годов, осуществлен анализ оценочных данных генофонда подсолнечника, полученных в условиях Краснодарского края на Кубанской опытной станции – филиале ВИР за период 2019-2025 годов. В качестве предложений для получателей материалов коллекции составлены признаковые коллекции подсолнечника, снабженные дополнительной информацией о данных, полученных при использовании диагностических ДНК-маркеров. В статье представлены источники раннеспелости и ультранеспелости подсолнечника, источники короткостебельности, крупноплодности, доноры устойчивости к ложной мучнистой росе, включая образцы с пирамидами генов устойчивости, раннеспелые линии – носители гена восстановления fertильности пыльцы *Rf1*, а также образцы, обладающие комплексом хозяйствственно ценных признаков, например, сочетание раннеспелости, короткостебельности или крупноплодности со способностью восстанавливать fertильность пыльцы ЦМС РЕТ1. Сформированная активная коллекция включает признаковые коллекции по короткостебельности: 40 линий с высотой растения до 80 см, и по крупноплодности: 90 образцов для селекции отечественных сортов и гибридов кондитерского направления. Представленные сведения призваны облегчить выбор селекционерами необходимого исходного материала в период заявочной активности.

Ключевые слова: *Helianthus annuus* L., линии, раннеспелость, короткостебельность, крупноплодность, устойчивость к ложной мучнистой росе, молекулярные маркеры, гены.

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2025-0009 «Активная коллекция сельскохозяйственных растений как основа обеспечения селекционных и исследовательских программ Российской Федерации качественным исходным материалом и моделями для сравнительных исследований» Авторы благодарят доктора биологических наук, члена-корреспондента РАН Елену Константиновну Хлесткину за ценные замечания и обсуждение в ходе подготовки работы.

Для цитирования: Гаврилова В.А., Анисимова И.Н. Источники, признаковые коллекции и доноры для селекции подсолнечника. *Биотехнология и селекция растений*. 2025;8(4). DOI: 10.30901/2658-6266-2025-4-o10

Прозрачность финансовой деятельности: Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы. Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы.

© Гаврилова В.А., Анисимова И.Н., 2025

Original article

DOI: 10.30901/2658-6266-2025-4-o10

Sources, trait-specific collections, and donors for sunflower breeding

Vera A. Gavrilova, Irina N. Anisimova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

Corresponding author: Vera A. Gavrilova, v.gavrilova@vir.nw.ru

To address the challenge of developing competitive domestic sunflower hybrids adapted to changing environmental conditions, it is essential to actively incorporate new source material into breeding programs. This source material is available in the VIR collection, which contains 2,300 sunflower accessions in the permanent catalog. One of the target indicators of the Federal Scientific and Technical Program for Agricultural Development for 2017-2030 is achieving a level of self-reliance in seeds for domestic sunflower hybrids of at least 75% by 2030. In order to select source material for breeding programs on developing heterotic hybrids and to actively incorporate them into studies, it is necessary to have a comprehensive information on the most potentially in-demand accessions and a sufficient amount of seeds of these accessions in the active collection. This article presents the information on sunflower accessions provided upon request in 2020-2025. This article presents information on sunflower accessions submitted upon request in the period 2020-2025, and an analysis of estimated data on the sunflower gene pool obtained in the Krasnodar Region at the Kuban Experimental Station – a branch of VIR for the period 2019-2025. The trait-specific collections supplied with additional information on the data obtained using diagnostic DNA markers have been compiled as proposals to recipients of the collection materials. The article presents sources of early maturity and ultra-early maturity of sunflower, sources of short stems, large fruits, donors of resistance to downy mildew, including samples with pyramids of resistance genes, early maturing lines - carriers of the pollen fertility restoration gene Rfl, as well as samples possessing a complex of economically valuable traits, for example, a combination of early maturity, short stems or large fruits with the ability to restore pollen fertility CMS PET1. The established active collection includes trait-specific collections for dwarfness: 40 lines with plant height of up to 80 cm, and for large seed size: 90 accessions for breeding domestic cultivars and hybrids for confectionery purposes. This information is intended to facilitate breeders in selecting the necessary source material during the application process.

Keywords: *Helianthus annuus* L., lines, early maturity, dwarfness trait, large-seed size trait, downy mildew resistance, molecular markers, genes

Acknowledgements: The research was performed within the framework of the State Assignment according to the Theme Plan of VIR, Project No. FGEM FGEM-2025-0009 "An active collection of agricultural plants as a basis for providing breeding and research programs of the Russian Federation with high-quality source material and models for comparative research". The authors are grateful to Dr., Prof., Corresponding Member of the RAS Elena K. Khlestkina for valuable comments and discussions during the preparation of this review.

For citation: Gavrilova V.A., Anisimova I.N. Sources, trait-specific collections, and donors for sunflower breeding. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2025;8(4). (In Russ.). DOI: 10.30901/2658-6266-2025-4-o10

Financial transparency: The authors have no financial interest in the presented materials or methods. The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work. The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employers.

© Gavrilova V.A., Anisimova I.N., 2025

Введение

Полевая культура подсолнечника как масличное растение возникла в 50-х годах XIX столетия в Воронежской и Саратовской губерниях после изобретения Д.С. Бокаревым в 1829 году способа получения масла из семян. Саратовская и Воронежская губернии долгое время оставались основными производителями подсолнечного масла. В начале XX века возделывание подсолнечника распространяется по всему югу России, и к началу 50-х годов, благодаря выдающимся селекционерам В.С. Пустовойту, Л.А. Жданову, В.И. Щербине, К.И. Прокорову, повсеместно в зоне возделывания подсолнечника высеваются высокомасличные, высокоурожайные сорта (Tavolzhanskiy, 2000). В XXI веке перед селекционерами страны стоит задача создания гибридов подсолнечника на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) с использованием эффекта гетерозиса. При этом подсолнечник становится широко востребованной высокорентабельной культурой, и зона его возделывания распространяется в более северные регионы РФ: Тамбовскую, Брянскую, Липецкую, Орловскую, Пензенскую, Самарскую области. В связи с этим, необходимы гибриды более короткого вегетационного периода и, соответственно, источники раннеспелости. Для получения промышленных гетерозисных гибридов подсолнечника нужны линии с ЦМС и линии восстановители fertилности пыльцы (Dimitrijevic, Horn, 2018; Horn et al., 2003; 2019). Такие линии были созданы на основе стародавних сортов и образцов коллекции ВИР нашими предшественниками (Anashchenko, Duka, 1985) и в наших предыдущих исследованиях (Gavrilova et al., 2021; Anisimova et al., 2024). В 2020-2024 годах мы уделили внимание короткостебельным линиям, поскольку эффект гетерозиса у гибридов проявляется не только по урожайности, но и по высоте растения. Для создания гибридов с оптимальной высотой растения 150-170 см необходимы линии, высота растения которых составляет 60-80 см (Ramos et al., 2013; Anisimova et al., 2024).

В последние годы спрос сельскохозяйственного производства на семена крупноплодного подсолнечника резко возрос. Такое повышение связано с увеличением доли использования семян подсолнечника в кондитерской и пищевой промышленности. Ядра семян крупноплодного подсолнечника содержат 22-30% белка, отличаются пониженным содержанием масла и насыщенных жирных кислот, что способствует снижению уровня холестерина, а также имеют повышенное содержание железа и служат источником калия, цинка, витаминов Е и В1, пищевой клетчатки (Bochkovoy, Pivnenko, 2007; Hladni, Miladinović, 2019). Все эти качества с успехом позволяют использовать ядра крупноплодного подсолнечника в кондитерских целях, заменяя дорогостоящие орехи, кунжут, арахис.

Одной из наиболее опасных болезней подсолнечника является ложная мучнистая роса (ЛМР), вызываемая

oomицетом *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. & De Toni. Каждый год 30-70% урожая погибает в результате заражения растений этим патогеном (Novotelnova, 1966; Gavrilova et al., 2021). В мировой литературе описано более 45 физиологических рас возбудителя ЛМР. Патоген постоянно эволюционирует, что приводит к появлению новых более агрессивных рас (Ramazanova, Antonova, 2019). К настоящему времени известно 37 генов (*Pl*), определяющих устойчивость подсолнечника к *P. halstedii* (Qi et al., 2016; Pecrix et al., 2018; Ma et al., 2019). Гены *Pl_{arg}*, *Pl₅*, *Pl₆*, *Pl₈* считаются наиболее эффективными. Ген *Pl_{arg}* контролирует устойчивость к восьми расам патогена: 100, 304, 314, 334, 703, 704, 710, 714 (Vear et al., 2010; Wieckhorst et al., 2010). В Краснодарском крае до недавнего времени были распространены расы 330, 710, 730 (Antonova et al., 2011). С.А. Рамазанова и Т.С. Антонова (Ramazanova, Antonova, 2019) сообщали о распространении в последние годы новых рас 334, 713 и 733. Создание исходного материала с генами устойчивости к ЛМР для селекции отечественных сортов и гибридов позволит увеличить валовый сбор семян подсолнечника.

Объединение образцов коллекции, характеризующихся определенным селекционно ценным признаком по результатам многолетнего изучения, удобно для использования как в селекционных программах, так и для дальнейших исследований с использованием методов классической и молекулярной генетики. Идея создания признаковых коллекций на основе генетических ресурсов сельскохозяйственных растений, хранящихся в ВИР, принадлежит доктору биологических наук А.Ф. Мережко (Merezhko, 1994). По его мнению, в каждую такую коллекцию следует включать две группы образцов: образцы с искомым уровнем признака и образцы, отражающие спектр внутривидового разнообразия по изучаемому признаку (Merezhko, 1994). При формировании признаковых коллекций мы включаем в них образцы только с селекционно значимым уровнем признака.

Источники раннеспелости подсолнечника

Генетические ресурсы культурного подсолнечника (*Helianthus annuus* L.), сохраняемые в коллекции ВИР, составляют 2300 образцов. За истекшие пять лет в коллекцию привлечены 20 образцов. Они поступили от оригинаров, подавших свои селекционные достижения в ФГБНУ «Госсорткомиссия» и одновременно представивших семена своих сортов и гибридов для включения в коллекцию ВИР. Сортобразцы прошли регистрацию в отделе интродукции ВИР, затем поступили в отдел генетических ресурсов масличных и прядильных культур. В постоянный каталог включены 18 новых отечественных сортов, а также две линии с ЦМС и их fertильные аналоги. Гибриды F₁ мы оставляем во временном каталоге и с номером интродукции передаем на оперативное депозитарное хранение. Ежегодно на полях Кубанской опытной станции (ОС) – филиала ВИР высевается согласно

Методическим указаниям ВИР (Anashchenko, 1976) и оценивается по продолжительности вегетационного периода и поражаемости патогенами около 600 образцов в сравнении с районированным в зоне возделывания сортом ‘Мастер’. Продолжительность периода всходы-цветение сорта ‘Мастер’ в 2019-2025 годах составляла 60-64 дня, период всходы-созревание – 100-104 дня (табл. 1). В течение пяти лет оценена вся коллекция подсолнечника. Восемьдесят образцов из 2300 зацвели раньше стандарта на 11-28 дней, из них 26 образцов (пять сортов и 21 линия) оказались ультрапраранними (продолжительность периода всходы-цветение короче, чем у стандарта на 20 дней и более) и рано созревающими (всходы-созревание – 68-74 дня). Этот материал будет востребован селекционерами при создании сортов для северной зоны

возделывания культуры. Среди ультрапраранних имеются 18 высокойнбредных карликовых линий и 10 из них с генами восстановления фертильности пыльцы (рис. 1). Они необходимы для получения отцовских форм промышленных гибридов F_1 и будут предоставлены получателям, ведущим селекцию с использованием эффекта гетерозиса. Наиболее перспективны линии ВИР631, ВИР772, ВИР754, ВИР794, ВИР819, обладающие доминантным аллелем гена восстановления фертильности пыльцы *Rf1* в гомозиготном состоянии (Anisimova et al., 2024). Эти данные получены при скрещивании с линиями с ЦМС в полевых исследованиях и с использованием ПЦР-маркеров HRG02, PPR621.5R, 67N04_P_170, SRF833 (Anisimova et al., 2024).

Таблица. Источники раннеспелости подсолнечника, выделенные в результате исследований в 2019-2025 годах

Краснодарский край, Кубанская опытная станция – филиал ВИР

Table. Sunflower early maturity sources isolated in 2019-2025

Krasnodar Region, Kuban Experiment Station – a branch of VIR

№ п.п./ No.	№ по каталогу ВИР/ VIR Cat. No.	Название/ Source name	Происхождение/ Origin	Год размножения/ Year of reproduction	Всходы-цветение, дни/ Emergence of seedlings- flowering, days	Всходы-цветение, $\pm St^*$ / Emergence of seedlings- flowering, $\pm St^*$	Всходы-созревание, дни/ Emergence of seedlings-maturity, days	Всходы-созревание, $\pm St^*/$ Emergence of seedlings- maturation, $\pm St^*$	Высота растения (см)/ Plant height, cm
1	1039	GIRASOL PURPUREO	Италия	2021	39	-21			48±2,0
				2025	37	-23	67	-34	51±1,4
2	2020	Кировский	Кировская обл., РФ	2024	52	-12	-	-	108±1,9
				2025	49	-11	79	-22	134±1,7
3	2115	Воронежский 109	Воронежская ОС ВНИИМК, РФ	2019	47	-15			124±1,0
				2023	50	-14			124±1,3
				2025	49	-16	84	-17	121±0,9
4	2776	ВИР 136	Спутник, РФ	2021	47	-13	81	-19	85±0,4
				2025	47	-18	81	-20	77±0,7
5	3231	SV 7998232	Швеция	2019	46	-16	-	-	80±0,6
				2024	45	-19	-	-	66±0,4
6	3303	ВИР 227	Алжир	2023	49	-15	-	-	125±0,8
				2024	45	-19	-	-	110±1,3
7	3420	ВИР 648	Аргентина	2021	46	-14	81	-19	67±2,1
				2025	48	-17	78	-23	53±1,4
8	3440	ВИР 631	гибрид Sunbred 265, Франция	2021	35	-25	74	-26	57±1,2
				2025	44	-21	74	-27	83±1,5
9	3522	ВИР 692	Краснодарский край, РФ	2019	42	-20	-	-	68±0,6
				2021	42	-18	81	-19	67±1,7
				2025	43	-17	70	-31	66±0,9

Таблица. Продолжение

№ п.п./ No.	№ по каталогу ВИР/ VIR Cat. No.	Название/ Source name	Происхождение/ Origin	Год размножения/ Year of reproduction	Всходы-цветение, дни/ Emergence of seedlings-flowering, days	Всходы-цветение, ±St*/ Emergence of seedlings-flowering, ±St*	Всходы-созревание, дни/ Emergence of seedlings-maturity, days	Всходы-созревание, ±St*/ Emergence of seedlings-maturity, ±St*	Высота растения (см)/ Plant height, cm
10	3553	‘Мастер’ Сорт стандарт	ВНИИМК, г. Краснодар, РФ	2019	62		102		205±3,4
				2021	60		100		168 ±4,3
				2023	64		104		190±1,5
				2024	64		104		170±3,1
				2025	65		101		200±3,5
11	3559	<u>ВИР 772</u>	и-588386, SAM 462, Финляндия	2021	37	-23	73	-27	46±1,5
				2025	37	-28	69	-32	47±0,3
12	3592	ВИР 762	и-576410, США	2021	38	-22	74	-26	80±1,8
				2025	48	-17	73	-28	83±0,7
13	3597	ВИР 793	Краснодарский край, РФ	2021	39	-21	74	-26	70±1,9
				2025	41	-24	70	-31	95±1,2
14	3630	ВИР 817	и-576410, США	2021	36	-24	74	-26	63±1,8
				2025	38	-27	67	-34	53±1,4
15	3645	ВИР 818	и-576410, США	2021	39	-21	74	-24	54±1,9
				2025	49	-16	81	-20	65±1,1
16	3647	ВИР 833	и-576407, США	2021	36	-24	75	-25	65±2,2
				2025	45	-20	73	-28	69±1,2
17	3649	ВИР 826	к-1034, Италия	2021	45	-15	80	-20	71±2,0
				2025	58	-7	83	-18	75±0,9
18	3675	ВИР 839	Краснодарский край РФ	2021	32	-28	71	-29	57±1,1
				2025	39	-26	68	-33	56±0,8
19	3676	ВИР 840	Краснодарский край, РФ	2021	41	-19	74	-26	62±4,7
				2025	43	-22	72	-29	55±0,5
20	3693	ВИР 773	Краснодарский край, РФ	2021	40	-20	75	-25	59±1,6
				2025	42	-23	71	-30	57±0,9
21	3702	ВИР 789	Краснодарский край, РФ	2021	35	-25	74	-26	56±2,1
				2025	37	-28	65	-36	47±1,1
22	3714	ВИР 172Б	к-705, Узбекистан	2021	47	-13	81	-19	114±2,1
				2025	52	-13	82	-19	112±1,8
23	3718	ВЕКТОР	Сибирская ОС ВНИИМК	2019	51	-11	81	-19	136±2,0
				2023	50	-14	82	-19	161±3,2
24	3761	<u>ВИР 819</u>	ВИР114 × к-1039	2021	38	-22	74	-26	75±1,6
				2025	39	-21	61	-40	80±1,5
				2025	41	-24	68	-33	73±1,2
25	3797	<u>ВИР 794</u>	Краснодарский край, РФ	2021	43	-17	73	-27	62±1,2
				2025	38	-22	60	-41	57±0,8
26	3824	<u>ВИР 754</u>	Краснодарский край, РФ	2021	35	-25	74	-26	69±2,7
				2023	42	-22	60	-41	71±1,5
				2025	40	-25	68	-33	72±0,4
27	3905	УСП Икорец	Воронежск.обл. НИИСХ им. Докучаева, РФ	2024	48	-16	65	-36	102±4,1
				2025	49	-11	75	-26	

Примечание: *±St – отклонение (в абсолютных значениях) от аналогичного показателя у сорта-стандarta ‘Мастер’.

Подчеркиванием выделены линии – доноры гена *Rf1*

Note: *±St – standard deviation (absolute means) from the analogous values for the standard cultivar ‘Master’.

Donor lines of the *Rf1* gene are underlined

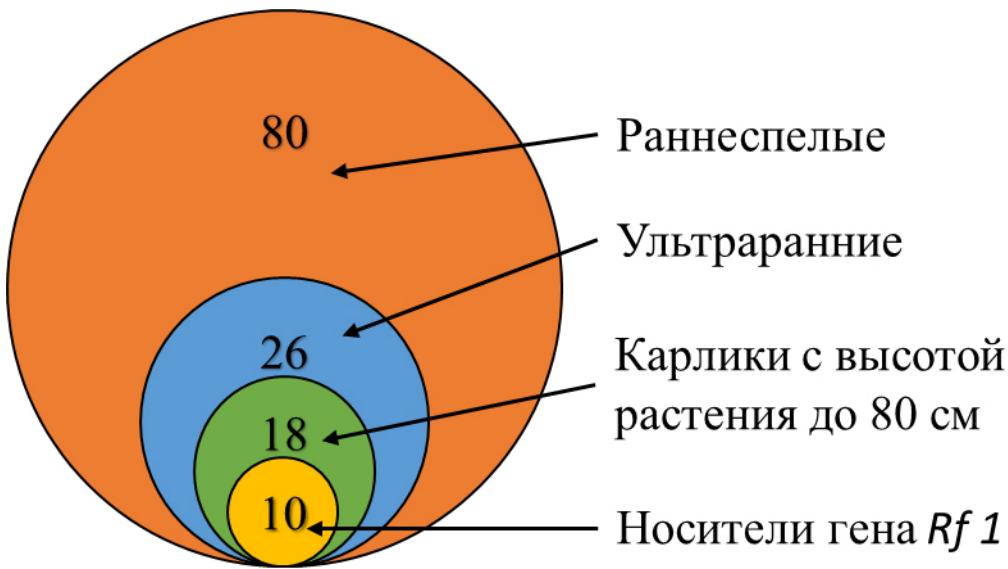


Рис. 1. Источники раннеспелости подсолнечника в коллекции ВИР

Fig. 1. Sunflower early maturity sources in the VIR collection

Признаковая коллекция короткостебельных линий

Известно, что раннеспелость у подсолнечника зависит не от высоты растения, а от числа листьев: чем больше листьев на стебле, тем больше времени уходит у растения на их формирование и тем длиннее период от всходов до начала формирования корзинки и начала цветения (Tavolzhanskiy, 2000).

В результате многолетних исследований сформирована признаковая коллекция из 40 короткостебельных линий с высотой растения до 80 см. Среди короткостебельных отмечены как раннеспелые линии, перечисленные выше (см. табл. 1), так и линии, равные стандарту по продолжительности вегетационного периода. Линии фенотипированы по таким признакам, как высота растения, число листьев, длина междуузлия, и генотипированы при помощи CAPS-маркера полудоминантного аллеля *Rht1*. Выявлены две линии – ВИР171 и ВИР434, у которых в гене *HaDella1* идентифицирована миссенс-мутация, ассоциированная с карликовым фенотипом (Anisimova et al., 2024).

Источники крупноплодности и генов *Rf*

Крупноплодный подсолнечник отличается от сортов масличного использования высокой массой 1000 семян (более 80 г) и повышенной лужистостью (Bochkovoy, Pivnenko, 2007). Вся коллекция подсолнечника оценена по размеру семянок и массе 1000 семян. После трехлетнего изучения выбраны образцы, у которых сохраняется признак крупноплодности, масса 1000 составляет 90 г

и выше. Таким образом, признаковая коллекция крупноплодного подсолнечника, включает 90 образцов. Среди них есть стародавние отечественные сорта: ‘Саратовский 82’, ‘Алексеевский крупноплодный 2’, ‘Гяр-гяр’, ‘Запорожский кондитерский’. Выявлены ранние (к-2835), низкорослые (к-1589, к-2835, к-3865) образцы, лучшие по всем изученным признакам и массе 1000 семян, которые могут быть использованы в качестве исходного материала при создании сортов. Сорта селекции ВНИИМК ‘СПК’ и ‘Лакомка’, а также образец к-3782 из Китая были лучшими не только по признаку крупноплодности, но и по устойчивости к ложной мучнистой росе (Gavrilova et al., 2023). С помощью диагностических молекулярных маркеров у 35 крупноплодных образцов подсолнечника идентифицированы носители стерильного типа цитоплазмы и доминантного аллеля *Rf1*. Наибольший интерес для селекции представляют образцы к-3879 (LSK-114), к-3878, к-3875, к-3868 (‘LSK-15’), к-3865 (‘Sprout-2’), к-3745, к-3742, к-3740 (Местный), к-3874, к-3864 и к-3805, сочетающие крупность семян с наличием доминантного аллеля гена *Rf1*, что указывает на их способность восстанавливать fertильность пыльцы (Gavrilova et al., 2023).

Доноры устойчивости к ложной мучнистой росе подсолнечника

В состав признаковой коллекции по устойчивости к ЛМР входят 39 линий без симптомов поражения в течение сезонов 2016 и 2018 годов и три линии, устойчивые к патогену в течение трех лет (Gavrilova et al., 2021). Линии генотипированы при помощи ПЦР-маркеров генов, детерминирующих устойчивость к большому

числу рас *P. halstedii*, которые были отобраны на основании данных литературы (Bouzidi et al., 2002; Radwan et al., 2004; Imerovski et al., 2014; Qi et al., 2016; Ma et al., 2019; Pecrix et al., 2018; Ramazanova et al., 2020). В результате наших исследований выявлены маркеры генов Pl_{arg} , Pl_s , Pl_8 у линии ТА 716-18. Идентифицированы 15 линий с маркером гена Pl_6 , четыре линии с маркером аллеля устойчивости в локусе Pl_s/Pl_8 и 13 линий с маркером гена Pl_8 (Gavrilova et al., 2021). Перечисленные линии относятся к разным группам спелости, среди них имеются формы с ЦМС, закрепители стерильности и восстановители fertильности пыльцы.

Заявки на образцы подсолнечника, направляемые в ВИР, и их выполнение

За период 2020-2025 годов по заявкам предоставлено 282 образца подсолнечника различного статуса. Наибольшее количество образцов затребовано в 2025 году

(рис. 2). Заявки получены как от государственных селекционных учреждений, так и от компаний – участников Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства Российской Федерации на 2017-2030 годы (On approval of the Federal..., 2017; Subprograms of the Federal..., 2025). Образцы подсолнечника использованы в образовательных процессах для обучения студентов в высших учебных заведениях и в исследовательских проектах научных учреждений (рис. 3). Самыми востребованными были линии подсолнечника (130), в первую очередь линии, обладающие генами восстановления fertильности пыльцы и устойчивостью к основным патогенам культуры. Это закономерно, поскольку перед селекционерами страны стоит задача создания отечественных гибридов подсолнечника с использованием эффекта гетерозиса. Сорта представлены в основном образцами с крупными семенами, которые используются в качестве исходного материала для селекции кондитерского подсолнечника (рис. 4).

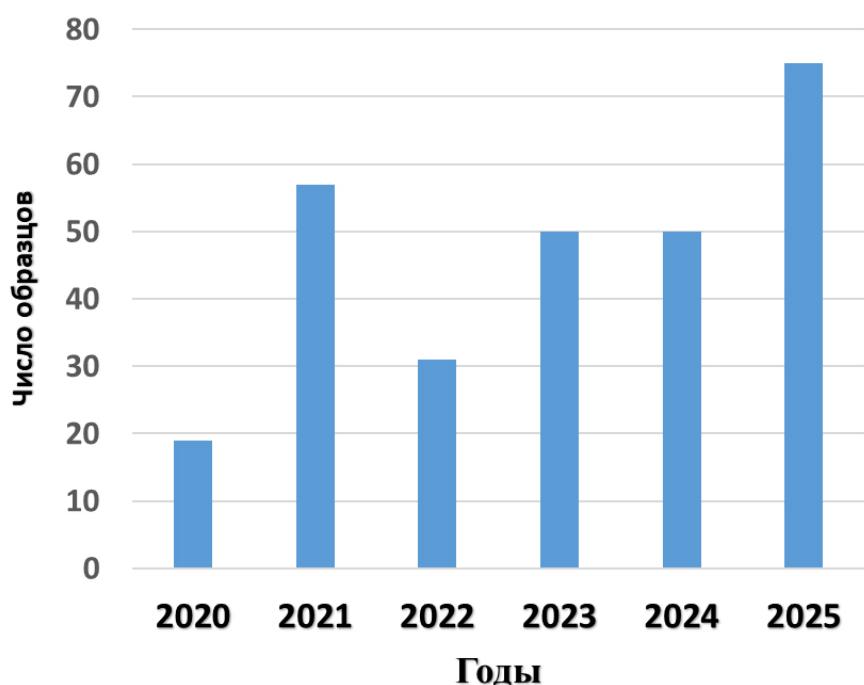
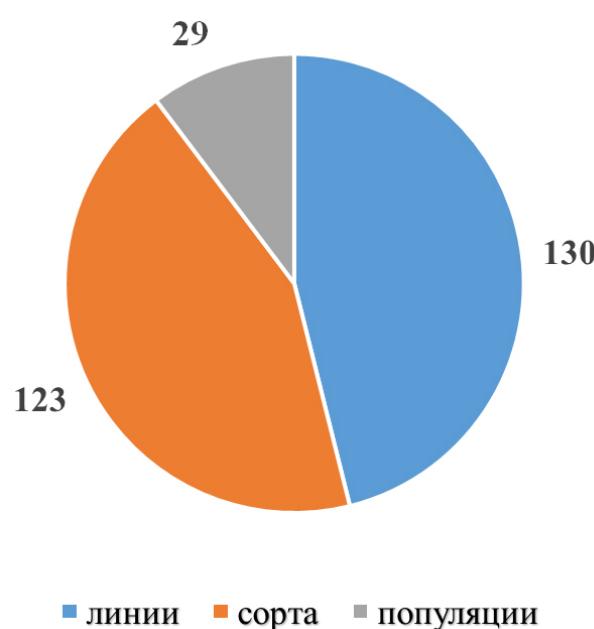


Рис. 2. Распределение образцов подсолнечника, отправленных из отдела генетических ресурсов масличных и прядильных культур ВИР по заявкам за последние пять лет

Fig. 2. Distribution of sunflower accessions sent out from the Department of Oil and Fiber Crop Genetic Resources upon requests during the last five years



Заключение

Таким образом, создается активная коллекция подсолнечника для селекционного использования. В нее войдут признаковые коллекции по хозяйственно ценным признакам: крупноплодность, короткостебельность, восстановление fertильности пыльцы ЦМС РЕТ1, устойчивость к ЛМР. Для получателей материалов коллекции предлагаются снабженные основными оценочными данными следующие материалы: 80 источников раннеспелости, зацветающих раньше стандарта на 11-28 дней, среди них – ультраранние линии с продолжительностью периода всходы-цветение короче, чем у стандарта на 20-28 дней, и с периодом всходы-созревание 68-74 дней (ВИР631, ВИР772, ВИР754, ВИР794 ВИР819). Отмеченные линии также являются донорами гена восстановления fertильности пыльцы *Rf1* и могут быть использованы в качестве отцовских форм при селекции промышленных гибридов. Созданная признаковая коллекция по крупноплодности, включающая 90 образцов, предлагается для выбора исходного материала для селекции сортов крупноплодного подсолнечника. Выделенные крупноплодные образцы, носители гена *Rf1*, в том числе ставшие родоначальниками линий-доноров генов восстановления fertильности пыльцы и крупноплодности одновременно,лагаются для селекционных программ по созданию гибридов подсолнечника кондитерского назначения. Для селекционных программ предлагаются линии подсолнечника с разными генами устойчивости к ЛМР, а также линия ТА 716-18, которая показала полевую устойчивость в разные годы исследований, в том числе в год с наиболее сильной инфекционной нагрузкой, и несет пирамиду генов, то есть содержит в генотипе маркеры генов устойчивости *Pl_{arg}*, *Pl₅* и *Pl₈*. Все перечисленные образцы включены в активную коллекцию подсолнечника.

References/Литература

- Anashchenko A.V. Guidelines for the study of the world collection of oil crops. Issue II. Sunflower (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu mirovoy kollektii maslichnykh kultur. Vypusk II. Podsolnechnik). Leningrad: VIR; 1976. [in Russian] (Анащенко А.В. Методические указания по изучению мировой коллекции масличных культур. Выпуск II. Подсолнечник. Ленинград: ВИР; 1976).
- Anashchenko A.V., Duka M.V. Studying the CMS-*Rf* system in sunflower (*Helianthus annuus* L.). II. Restoration of pollen fertility in sunflower hybrids based on CMS_p type. *Genetics*. 1985;21(12):1999-2004. [in Russian] (Анащенко А.В., Дука М.В. Изучение генетической системы ЦМС-*Rf* у подсолнечника (*Helianthus annuus* L.). Сообщение II. Восстановление мужской fertильности у гибридов на основе ЦМС_p. *Генетика*. 1985;21(12):1999-2004).
- Anisimova I.N., Khafizova G.V., Makarova L.G., Alpatieva N.V., Ryazanova M.K., Borisenko O.M., Gavrilova V.A. The inheritance pattern for the dwarf phenotype in hybrids from crosses among sunflower lines differing in alleles of the *Rht1* locus. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(3):135-146. [in Russian] (Анисимова И.Н., Хафизова Г.В., Макарова Л.Г., Алпатьева Н.В., Борисенко О.М., Гаврилова В.А. Особенности наследования карликового фенотипа у гибридов от скрещивания линий подсолнечника, различающихся по аллелям локуса *Rht1*. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024;185(3):135-146. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-135-146)
- Antonova T.S., Ivezbor V.T., Araslanova N.P., Gavrilova V.A. Results of evaluation of accessions from the VIR sunflower collection for resistance to downy mildew strains spread in the Krasnodar Territory. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2011;167:90-95. [in Russian] (Антонова Т.С., Иvezбор М.В., Рожкова В.Т., Арасланова Н.М., Гаврилова В.А. Результаты оценки образцов подсолнечника коллекции ВИР на устойчивость к расам возбудителя ложной мучнистой росы, распространенным в Краснодарском крае. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2011;167:90-95).
- Bochkovoy A.D., Pivnenko O.V. Domestic cultivar populations as source material for breeding large-seeded sunflower hybrids (Otechestvennye sorta-populyatsii kak iskhodnyi material dlya selektsii krupnoplodnykh gibridov podsolnechnika). *Oil Crops. Scientific and Technical Bulletin of VNIIMK*. 2007;1(136):3-8. [in Russian] (Бочковой А.Д., Пивненко О.В. Отечественные сорта-популяции как исходный материал для селекции крупноплодных гибридов подсолнечника. *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК*. 2007;1(136):3-8).
- Bouzidi M.F., Badaoui S., Cambon F., Vear F., de Labrouhe D.T., Nicolas P., Mouzeysar S. Molecular analysis of a major locus for resistance to downy mildew in sunflower with specific PCR-based markers. *Theoretical and Applied Genetics*. 2002;104:592-600. DOI: 10.1007/s00122-001-0790-3
- Dimitrijevic A., Horn R. Sunflower hybrid breeding: from markers to genomic selection. *Frontiers in Plant Science*. 2018;8:2238. DOI: 10.3389/fpls.2017.02238
- Gavrilova V.A., Makarova L.G., Stupnikova T.G., Alpatieva N.V., Kuznetsova E.B., Anisimova I.N. The trait-specific collection of large-seeded sunflower at VIR: a source for breeding cultivars and hybrids. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(4):64-78. [in Russian] (Гаврилова В.А., Макарова Л.Г., Ступникова Т.Г., Алпатьева Н.В., Кузнецова Е.Б., Анисимова И.Н. Признаковая коллекция крупноплодного подсолнечника ВИР для селекции сортов и гибридов. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(4):64-78). DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-64-78)
- Gavrilova V.A., Stupnikova T.G., Makarova L.G., Alpatieva N.V., Kuznetsova E.B., Karabitsina Yu.I., Anisimova I.N. Lines resistant to downy mildew in the sunflower genetic collection at VIR. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021;182(3):101-110. [in Russian] (Гаврилова В.А., Ступникова Т.Г., Макарова Л.Г., Алпатьева Н.В., Карабицына Ю.И., Кузнецова Е.Б., Анисимова И.Н. Линии генетической коллекции подсолнечника ВИР, устойчивые к ложной мучнистой росе. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021;182(3):101-110). DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-101-110)
- Horn R., Kusterer B., Lazarescu E., Prufe M., Friedt W. Molecular mapping of the *Rf1* gene restoring pollen fertility in PET1-based F₁ hybrids in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2003;106(4):599-606. DOI: 10.1007/s00122-002-1078-y
- Horn R., Radanovic A., Fuhrmann L., Sprycha Y., Hamrit S., Jockovich M. et al. Development and validation of markers for the fertility restorer gene *Rf1* in sunflower. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019;20(6):1260. DOI: 10.3390/ijms20061260
- Hladni N., Miladinović D. Confectionery sunflower breeding and supply chain in Eastern Europe. *OCL – Oilseeds and Fats Crops and Lipids*. 2019;26(1):29. DOI: 10.1051/ocl/2019019
- Imerovski I., Dimitrijević A., Miladinović D., Jocić S., Dedić B., Cvejić S., Surlan-Momirović G. Identification and validation of breeder-friendly DNA markers for *Pl_{arg}* gene in sunflower. *Molecular Breeding*. 2014;34(3):779-788. DOI: 10.1007/s11032-014-0074-7
- Ma G., Song Q., Underwood W.R., Zhang Z., Jason D. Fiedler J.D., Li X., Qi L. Molecular dissection of resistance gene cluster and candidate gene identification of *Pl17* and *Pl19* in sunflower by

- whole-genome resequencing. *Scientific Reports*. 2019;9:14974. DOI: 10.1038/s41598-019-50394-8
- Merezhko A.F. The problem of donors in plant breeding (Problema donorov v selektsii rasteniy). St. Petersburg: VIR; 1994. [in Russian] (Мережко А.Ф. Проблема доноров в селекции растений. Санкт-Петербург: ВИР; 1994).
- Novotelnova N.S. Downy mildew of sunflower (Lozhnaya muchnistaya rosa podsolnechnika). Moscow, Leningrad, Nauka; 1966. [in Russian] (Новотельнова Н.С. Ложная мучнистая роса подсолнечника. Москва; Ленинград: Наука; 1966).
- On approval of the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2025. Resolution of the Government of the Russian Federation № 996 of 25.08.2017. *The official internet-portal of legal information* (Russian Federation). 2017. [in Russian] (Постановление Правительства Российской Федерации от 25.08.2017 № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы». *Официальный интернет-портал правовой информации*. 2017). URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201708300023> [дата обращения: 14.11.2025]
- Pecrix Y., Penouilh-Suzette C., Muños S., Vear F., Godiard L. Ten broad spectrum resistances to downy mildew physically mapped on the sunflower genome. *Frontiers in Plant Science*. 2018;9:1780. DOI: 10.3389/fpls.2018.01780
- Qi L.L., Foley M.E., Cai X.W., Gulya T.J. Genetics and mapping of a novel downy mildew resistance gene, Pl_{18} , introgressed from wild *Helianthus argophyllus* into cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2016;129(4):741-752. DOI: 10.1007/s00122-015-2662-2
- Radwan O., Bouzidi M.F., Nicolas P., Mouzeyar S. Development of PCR markers for the $Pl5/Pl8$ locus for resistance to *Plasmopara halstedii* in sunflower, *Helianthus annuus* L. from complete CC-NBS-LRR sequences. *Theoretical and Applied Genetics*. 2004;109:176-185. DOI: 10.1007/s00122-004-1613-0
- Ramazanova S.A., Antonova T.S. To a question about marking of Pl loci controlling sunflower resistance to downy mildew pathogen. *Oil Crops*. 2019;1(177):17-23. [in Russian] (Рамазанова С.А., Антонова Т.С. К вопросу о маркировании локусов Pl , контролирующих устойчивость подсолнечника к возбудителю ложной мучнистой росы. *Масличные культуры*. 2019;1(177):17-23). DOI: 10.25230/2412-608X-2019-1-177-17-23
- Ramazanova S.A., Badyanov E.V., Guchetl S.Z. Molecular markers of genes Pl_6 , Pl_{13} and Pl_{arg} for sunflower breeding on resistance to downy mildew. *Oil Crops*. 2020;3(183):20-26. [in Russian] (Рамазанова С.А., Бадянов Е.В., Гучетль С.З. Молекулярные маркеры генов Pl_6 , Pl_{13} и Pl_{arg} для использования в селекции подсолнечника на устойчивость к ложной мучнистой росе. *Масличные культуры*. 2020;3(183):20-26). DOI: 10.25230/2412-608X-2020-3-183-20-26
- Ramos M.L., Altieri E., Bulos M., Sala C.A. Phenotypic characterization, genetic mapping and candidate gene analysis of a source conferring reduced plant height in sunflower. *Theoretical and Applied Genetics*. 2013;126(1):251-263. DOI: 10.1007/s00122-012-1978-4
- Subprograms of the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture of the Russian Federation for 2017-2030 (Podprogrammy Federal'noy nauchno-tehnicheskoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii na 2017-2030 gody). *Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2030 = Federal'naya nauchno-tehnicheskaya programma razvitiya sel'skogo khozyaystva na 2017-2030 gody*: [website]. 2025. [in Russian] (Подпрограммы Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства Российской Федерации на 2017-2030 годы. *Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы*: [сайт]. 2025). URL: <https://fntpi.ru/fp/subprogramms> [дата обращения: 14.11.2025]
- Tavolzhanskiy N.P. Theory and practice of creating sunflower hybrids in modern conditions (Teoriya i praktika sozdaniya gibridov podsolnechnika v sovremennykh usloviyah). Belgorod; 2000. [in Russian] (Таволжанский Н.П. Теория и практика создания гибридов подсолнечника в современных условиях. Белгород; 2000).
- Vear V. Classic genetics and breeding. In: J. Hu, G. Seiler, C. Kole (eds). *Genetics, genomics and breeding of sunflower*. USA, Clemson, SC: Clemson University; 2010. Chapter 2. p.50-77.
- Wieckhorst S., Bachlava E., Dußle C.M., Tang S., Gao W., Saski C., Bauer E. Fine mapping of the sunflower resistance locus Pl_{ARG} introduced from the wild species *Helianthus argophyllus*. *Theoretical and Applied Genetics*. 2010;121(8):1633-1644. DOI: 10.1007/s00122-010-1416-4

Информация об авторах

Вера Алексеевна Гаврилова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, v.gavrilova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8110-9168>

Ирина Николаевна Анисимова, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, irina_anisimova@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0474-8860>

Information about the authors

Vera A. Gavrilova, Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44, Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg, 190000 Russia, v.gavrilova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8110-9168>

Irina N. Anisimova, Dr. Sci. (Biology), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44, Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg, 190000 Russia, irina_anisimova@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0474-8860>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025; одобрена после рецензирования 12.12.2025; принятая к публикации 24.12.2025.
The article was submitted on 01.12.2025; approved after reviewing on 12.12.2025; accepted for publication on 24.12.2025.