



Характеристика образцов коллекции льна-долгунца ВИР, включенных в национальный каталог Российской Федерации по происхождению

Е. А. Пороховинова, Н. Б. Брач, А. В. Павлов

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

Автор, ответственный за переписку: Нина Борисовна Брач, n.brutch@vir.nw.ru

Лен – древнейшее культурное растение, которое на протяжении тысячелетий остается важнейшей технической культурой. Коллекция льна-долгунца ВИР насчитывает 2487 образцов и состоит из 825 староместных и 667 селекционных сортов, 774 селекционных и 103 инбредных линий, 29 линий мутагенного происхождения, 85 других образцов. Все они вошли в национальный каталог. Образцы получены из 49 стран, из них 51% – из Российской Федерации, 38% – из стран Европы, 7% – Азии, 0,7% – Северной Америки, 2% – Южной Америки, 0,3% – Австралии, и у 1% происхождение не установлено. В коллекцию включены 1274 образца из всех Федеральных округов (ФО) Российской Федерации. Более 43% российских образцов приходится на Центральный ФО, около 30% – Северо-Западный ФО, почти 11% – Сибирский ФО, более 8% – Приволжский ФО, более 7% – Дальневосточный ФО. По одному образцу приходится на Северо-Кавказский и Южный ФО. В коллекции хранятся 1203 образца из зарубежных стран, 938 из которых происходят из 26 стран, представляющих все части Европы: Восточную (375), Северную (302), Западную (247), Южную (14); 177 образцов из всех регионов Азии: Восточного (152), Среднего (17), Западного (6), Южного (2). Северная Америка представлена 19 образцами из США и Канады, Южная Америка – 46 образцами из Аргентины, Уругвая, Чили, Перу, Бразилии, Венесуэлы и Колумбии; Австралия – 7 сортами. Местные образцы и селекционный материал льна-долгунца коллекции ВИР востребованы для разных целей селекции.

Ключевые слова: лен-долгунец, *Linum usitatissimum*, биоресурсный центр, коллекция генетических ресурсов растений, генный банк, образцы коллекции, местные образцы, сорта, географическое происхождение

Благодарности: Работа выполнена в рамках реализации Программы развития Национального центра генетических ресурсов растений по соглашению с Минобрнауки России от 15 февраля 2024 года № 075-02-2024-1090.

Для цитирования: Пороховинова Е.А., Брач Н.Б., Павлов А.В. Характеристика образцов коллекции льна-долгунца ВИР, включенных в национальный каталог Российской Федерации по происхождению. *Бюллетень ВИР*. 2024;(243):62-73.

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.

© Пороховинова Е.А., Брач Н.Б., Павлов А.В., 2024

Original article

Characterization of fiber flax accessions from the VIR collection, included in the Russian national catalogue according to their origin

Elizaveta A. Porokhovinova, Nina B. Brutch, Andrey V. Pavlov

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

Corresponding author: Nina B. Brutch, n.brutch@vir.nw.ru

Flax is one of the oldest cultivated plants. For thousands of years, it has remained the most important industrial crop.

VIR's fiber flax collection incorporates 2487 accessions, consisting of 825 landraces, 667 commercial cultivars, 774 breeding lines and 103 inbred lines, 29 lines of mutagenic origin, and 85 other accessions.

The geography of their origin expands to 49 countries. The germplasm arrived to the collection from the Russian Federation (51%), Europe (38%), Asia (7%), North America (0.7%), South America (2%), and Australia (0.3%), while the origin of 1% was not identified.

The collection includes 1274 accessions representing all the Federal Districts (FD) of Russia. More than 43% of Russian accessions came from the Central FD, about 30% from the Northwestern FD, almost 11% from the Siberian FD, more than 8% from the Volga FD, and more than 7% from the Far Eastern FD. The North Caucasian FD and the Southern FD are represented by only one landrace each.

The collection also contains 938 accessions from 26 countries, covering all parts of Europe: Eastern (375), Northern (302), Western (247) and Southern (14); 177 accessions came from all regions of Asia: Eastern (152), Central (17), Western (6) and Southern (2). North America is represented by 19 accessions from the U.S. and Canada; South America by 46 accessions from Argentina, Uruguay, Chile, Peru, Brazil, Venezuela, and Colombia; Australia by 7 commercial cultivars.

The collection of fiber flax is in demand: both the landraces and the material developed by breeders are promising for various breeding purposes.

Keywords: fiber flax, *Linum usitatissimum*, bioresource center, plant genetic resources collection, gene bank, germplasm accessions, landrace material, cultivars, geographic origin

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the implementation of the Development Program of the National Center for Plant Genetic Resources under the Agreement with the Ministry of Education and Science of Russia dated February 15, 2024 No. 075-02-2024-1090.

For citation: Porokhovinova E.A., Brutch N.B., Pavlov A.V. Characterization of fiber flax accessions from the VIR collection, included in the Russian national catalogue according to their origin. *VIR Bulletin*. 2024;(243):62-73. (In Russ.).

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 employer.

© Porokhovinova E.A., Brutch N.B., Pavlov A.V., 2024

Введение

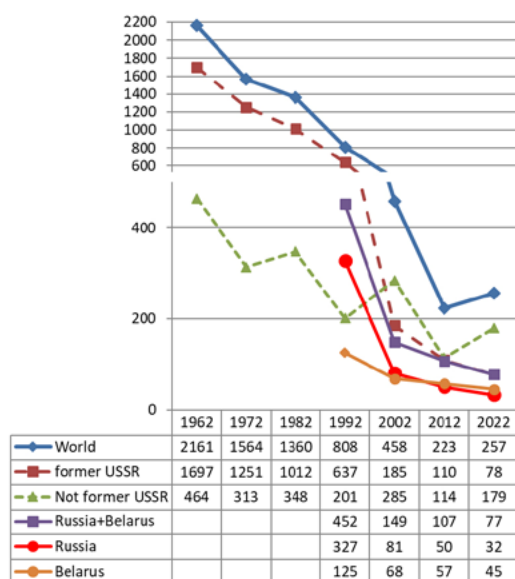
Лен (*Linum usitatissimum* L.) – древнейшее культурное растение, которое на протяжении нескольких тысячелетий остается важнейшей технической культурой (Brutch et al., 2015). Лен-долгунец традиционно возделывается в Российской Федерации. Благодаря тому, что из растения можно получать как волокнистую, так и семенную продукцию, лен нашел применение в самых разных сферах народного хозяйства (Bazanov et al., 2023). Эта культура имеет стратегическое значение. Продукция из льна является источником сырья для текстильной, оборонной, строительной, лакокрасочной, фармацевтической, аэрокосмической, электротехнической и других отраслей промышленности (Kishlyan et al., 2020).

Лен-долгунец, по данным FAO, в 2022 г. выращивали на площади почти 260 тыс. га, среди прядильных культур он занимал третье место после хлопчатника и джута. России принадлежит третье место в мире по площади возделывания прядильного льна после Франции и Беларуси (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>).

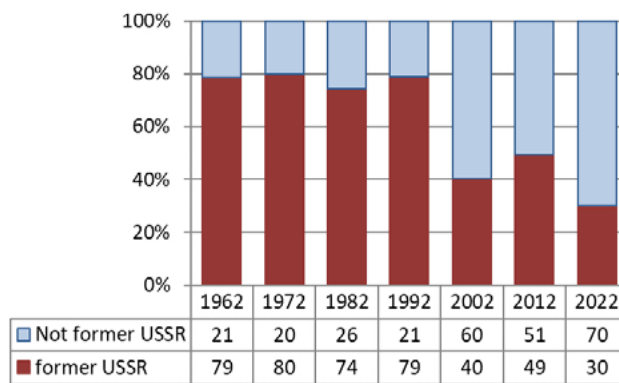
В настоящее время в мировом масштабе льноводство находится в стадии кризиса. Ведущая роль в возрождении отрасли, наряду с экономическими факторами, принадлежит селекции, направленной на создание сортов льна с заданными свойствами (Kishlyan et al., 2020). В 2024 г. в России наметилась тенденция к увеличению

посевных площадей под льном-долгунцом: так, в 2024 г., по сравнению с 2023 г., посевная площадь в РФ увеличилась на 10% с 36 до 40 тыс. га, без учета 11 основных регионов возделывания – закрытая информация в соответствии с Федеральным законом от 29.11.2007 № 282-ФЗ (ст. 4, п. 5; ст. 9. П. 1; <https://rosstat.gov.ru/search?q=посевные+площади>).

Анализ динамики изменения посевных площадей под льном с 1962 г. показывает их снижение в мире в 8,4 раза – с 2,16 до 0,26 млн. га, что, вероятнее всего, связано с замещением льняного волокна хлопковым и синтетическим. До своего распада СССР был лидером по производству льноволокна и занимал более 70% от всех посевных площадей по льну-долгунцу в мире за счет РСФСР, Белорусской, Украинской, Латышской и Литовской ССР. После распада СССР, помимо общего сокращения площадей, положение стран основных производителей тоже изменилось, и в 2022 г. на страны бывшего СССР, в основном Беларусь и Россию, для которых лен является исконной культурой, приходилось только 30% от общемировых площадей (Bazanov et al., 2023; Bogdan et al., 2023). Площади под льном-долгунцом на Украине составляют 0,24 тыс. га, а Латвия и Литва из-за запрета его возделывания со стороны ЕС прекратили выращивать лен (рис. 1) (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>).



А



В

Рис. 1. Посевные площади льна-долгунца в мире, тыс. га: (А) посевные площади в мире, в странах бывшего СССР (Россия, Беларусь, Украина, Литва, Латвия, Эстония) и в странах, не входивших в состав СССР, Беларуси, России, тыс. га; (В) распределение площадей возделывания льна-долгунца между странами, входившими или не входившими в состав СССР, % (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>)

Fig. 1. Flax cultivation areas in the world: (A) acreage in the world, in the former USSR (Russia, Belarus, Ukraine, Lithuania, Latvia, and Estonia) and non-USSR countries; Belarus, and Russia, thousands of hectares; (B) distribution of cultivation areas between the countries of the former USSR and those that were not part of the USSR, % (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>)

Ситуация усугубляется еще и тем, что растут площади под масличным льном: за последние 10 лет они увеличились почти в два раза – до 4,5 млн га. Его солому также можно использовать на волокно, которое, хоть и более короткое и грубое, чем у льна-долгунца, но тем не менее пригодное для изготовления смесовых тканей и биокмпозитов. Таким образом, масличный лен конкурирует с льном-долгунцом за посевные площади. Последний, по нашему мнению, сейчас начинает возвращать позиции в производстве тканей высокого качества, что в скором времени скажется на ассортименте сортов, так как последние десятилетия селекция была направлена на повышение урожайности, а качеству волокна не уделяли должного внимания.

Коллекция льна-долгунца ВИР на февраль 2022 г. (дата создания Национального центра) насчитывала 2487 образцов. Наиболее ценный материал коллекции ВИР – это 825 староместных сорта, которые выращивали до начала эры научной селекции, и так называемые кряжи – льны, возделывавшиеся на территории Российской империи с давних времен, созданные в результате народной селекции – ежегодного отбора крестьянами семян с лучших растений. Селекционный материал представлен 774 селекционными линиями, созданными в процессе отбора селекционерами, и более проработанными 103 инбредными линиями, 29 мутантными линиями, для которых описан тип мутагенеза, и 85 расщепляющимися образцами. В коллекции льна-долгунца сохраняются 667 селекционных сортов, среди них практически все районированные когда-либо на территории бывшего СССР, а также большинство зарубежных сортов разных этапов и направлений селекции.

Начало научной селекции льна-долгунца в России было положено в 1908 г., однако первые сорта районировали только в 1932 г. Сорта льна ранее были условно разделены на четыре исторически сложившиеся группы, различающиеся по времени районирования. В первую вошли сорта, созданные в довоенные и первые послевоенные годы – с 1932 по 1951 г., выведенные методом отбора из лучших российских кряжевых льнов. Они отличаются низкими показателями урожайности и выхода волокна, но превосходят другие группы по скороспелости. Во вторую группу – 1960–1973 гг. – вошли сорта, созданные в большинстве на основе позднеспелого сорта Л-1120; у них повысились показатели урожайности, но увеличилась длина вегетационного периода. В третью группу (1978–1991 гг.) входят высокопродуктивные сорта с пониженным качеством волокна. Четвертую образуют сорта, выведенные после распада СССР (Kutuzova et al., 2005). Первые 3 группы охватывают периоды по 14 лет селекционного процесса, а четвертая – 30 лет.

В настоящей статье мы группировали по периодам поступления в коллекцию ВИР не только селекционные сорта, как это было сделано ранее С. Н. Кутузовой с соавторами (Kutuzova et al., 2005), но и местные образцы и другой селекционный материал, созданный до начала научной селекции. Поэтому в данной работе мы объединили второй и третий периоды, выделенные С. Н. Кутузо-

вой с соавторами (Kutuzova et al., 2005). Таким образом, первый период продлился с 1924 г. – года создания каталога ВИР – по 1950 г. (27 лет), когда в основном использовали отборы из местных сортов и начали проводить первые опыты по гибридизации, второй – с 1951 по 1991 г. (41 год), когда за рубежом, а позже и в СССР, стала преобладать гибридная селекция, в практику вошел мутагенез и развивалась инструментальная оценка качества волокна. Начало третьего периода (с 1992 по 2021 г., 30 лет) совпало с распадом СССР. В это время вычислительная техника стала доступна рядовым ученым, начали развиваться ДНК-технологии, ускоряющие селекционный отбор. С середины 1990-х годов, в связи с развитием химической промышленности, улучшением качества и снижением стоимости тканей из вискозы и полиэстера, производство волокна льна стало менее рентабельно, что привело к сокращению площадей под этой культурой и, как следствие, к сворачиванию селекционных программ в ряде стран.

Данное деление образцов по периодам включения в коллекцию довольно условно, так как в их паспортных данных фиксируется время поступления в ВИР, а дата выведения сорта/линии известна не всегда. Часто материал, особенно зарубежный, поступает в коллекцию через десятки лет после создания. Для экспедиционных сборов, проведенных после 1950-х гг., невозможно определить, является ли данный образец истинно местным или это семена какого-то современного сорта, используемого в посевах местными сельскохозяйственными производителями.

Согласно указу об образовании на базе ВИР первого Национального биоресурсного центра по отдельному направлению (Указ Президента Российской Федерации № 44 от 8 февраля 2022 г. «О Национальном центре генетических ресурсов растений») (Decree of the President..., 2022) на базе ВИР создан Национальный каталог растений для обеспечения гарантированного долгосрочного сохранения, поддержания и воспроизводства наиболее ценных образцов. В него будут входить образцы большинства из 82 коллекций сельскохозяйственных растений, зарегистрированных в Российской Федерации, для обеспечения сохранения и развития коллекций в соответствии с мировыми стандартами, а также эффективно и рационально их использования в интересах России (Khlestkina et al., 2022).

Все образцы льна-долгунца ВИР признаны наиболее ценными, так как включение в коллекцию осуществляется после обязательного 3-летнего предварительного изучения с проверкой однородности по основным морфологическим, хозяйственно ценным и другим признакам. Как правило, образцы обладают различными важными для селекции культуры характеристиками, такими как высокая адаптивность, устойчивость к неблагоприятным условиям среды, показатели качества волокна и др. Одновременно с изучением проводится уточнение и проверка данных об их происхождении (страна и район сбора, дата передачи в коллекцию, фамилия коллектора или селекционера, название учреждения, передавшего обра-

зец и т. д.), а также поиск возможных дублетов данного образца в коллекции.

Большая часть современных сортов льна получена с помощью традиционных методов селекции. Для создания новых сортов необходимо широкое генетическое разнообразие исходного селекционного материала. Генетические ресурсы служат основой для поиска перспективных комбинаций признаков (урожайности, выхода волокна и его качества, высокой адаптивности, устойчивости к неблагоприятным условиям и др.), новых аллелей генов, определяющих их, и создания сортов с заданными свойствами. Эффективность всех этапов селекционного процесса зависит от возможности оценить генетический полиморфизм исходного материала (Bazanov et al., 2023).

На современном этапе развития науки для основных сельскохозяйственных культур все большее распространение получает анализ «пангенома – всей совокупности нуклеотидных последовательностей, найденных в различных представителях одного вида или популяции» (Dmitriev et al., 2024, p. 535). Геном льна масличного сорта 'Bethune' был секвенирован в 2012 г. (Wang et al., 2012), а геном льна-долгунца – в 2021 г. (Sa et al., 2021). Сравнение последовательностей генов из референсного генома с генами других образцов льна показывает высокий полиморфизм (Arkhipov et al., 2024). Поэтому лен-долгунец как стратегически важная культура будет одним из первых объектов, привлеченных для разработки пангенома на основе российской коллекции (Government of the Russian Federation..., 2023). Для создания пангенома из 2487 коллекционных образцов будет отобрано около 200, представляющих все мировое разнообразие культуры. Использование морфологического скрининга образцов требует значительных затрат, так как признаки варьируют под действием экологических факторов и нужно проводить многолетние исследования (Korolev et al., 2023). Однако вложения будут оправданы, если к морфологическому фенотипированию добавят молекулярно-генетические исследования. Для создания пангенома всех разновидностей *L. usitatissimum*, охватывающего образцы разного типа использования, в дальнейшем планируется привлечь в изучение образцы льна масличного – льна-межеумка и льна-кудряша.

На данном этапе принципиально важно отобрать генотипы именно льна-долгунца. Это утверждение основано на полученных ранее результатах геномного секвенирования 191 образца разных разновидностей льна, в ходе которого установлено, что при определении полиморфизма 424 генов, участвующих в биосинтезе компонентов клеточной стенки, лигнанов, жирных кислот и транспорте ионов, у трети из них (143) один или несколько вариантов полиморфизма имели сильную корреляцию с типом льна (долгунец, межеумок или кудряш) (Povkhova et al., 2021).

Генетическая однородность образца для создания пангенома не является обязательной, но для дальнейшего его использования в селекционной работе желательна, поэтому образцы необходимо изучить с использованием современных методов и отобрать те из них,

которые охватывают максимальное разнообразие культуры. В связи с этим целью первого этапа работы по отбору репрезентативной выборки для создания пангенома *L. usitatissimum* является структурирование коллекции льна-долгунца ВИР.

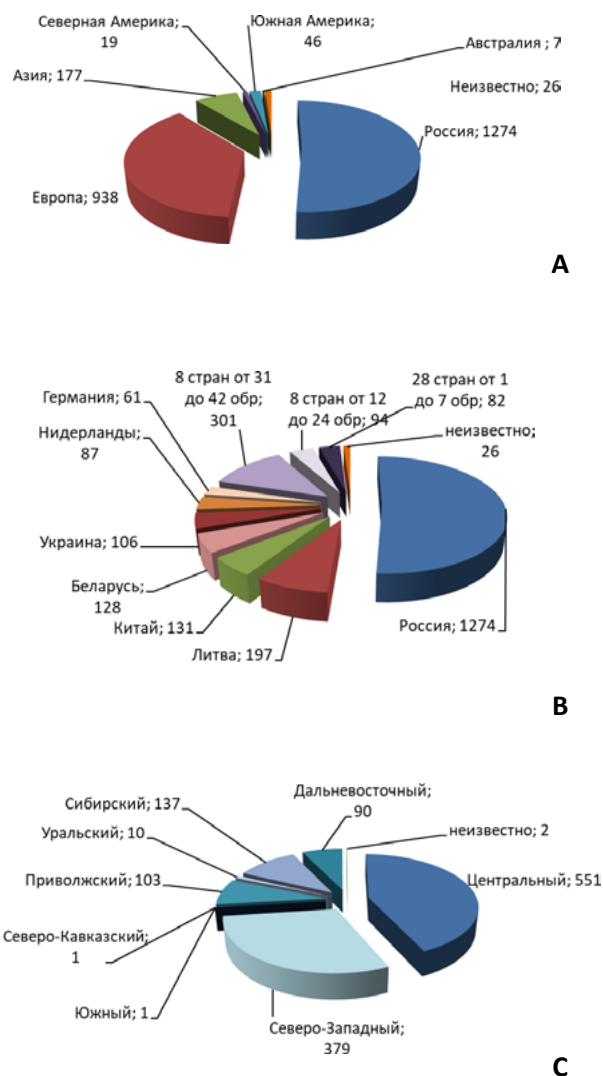


Рис. 2. Состав коллекции льна-долгунца ВИР: (А) количество образцов по континентам и из России отдельно; (В) распределение стран по количеству образцов в коллекции ВИР; (С) количество образцов по Федеральным округам России

Fig. 2. The structure of VIR's fiber flax collection: (A) numbers of accessions by continents, and separately from Russia; (B) distribution of countries according the number of accessions in the VIR collection; (C) numbers of accessions from the Federal Districts of Russia

Степень представленности разнообразия образцов льна-долгунца по континентам и странам в коллекции ВИР

Для полной представленности разнообразия льна-долгунца необходимо охватить все зоны его возделывания. В разных регионах сформировались различные комплексы хозяйственно ценных и адаптивных признаков, большое значение имеют научные школы той или иной страны. Так, северные льны издавна отличаются хорошим качеством волокна, льны Сибири имеют высокое содержание волокна, многие льны Франции способны возделываться там как озимая культура и т. д.

Коллекция льна-долгунца на дату создания Национального центра (февраль 2022 г.) включала 2487 образ-

цов из 49 стран (рис. 2, табл. 1). Пятьдесят один процент (1274 образца) поступил из Российской Федерации, 38% (938) – из стран Европы, 7% (177) – из Азии, 0,7% (19) – из Северной Америки, 2% (46) – из Южной Америки, 0,3% (7) – из Австралии, и у 1%(26) происхождение до конца не установлено.

Больше 50% коллекции составляют образцы из России (1274 обр.), от 8 до 3% приходится на образцы из Литвы (197), Китая (131), Беларуси (128), Украины (106), Нидерландов (87), Германии (61). Латвия, Великобритания, Аргентина, Польша, Франция, Чехия, Швеция и бывшая Чехословакия имеют по 42–31 образцов, или 1,5% от общего числа каждая. Остальные 28 стран представлены менее чем 1% образцов каждая.

Таблица 1. Динамика поступления образцов льна-долгунца в коллекцию ВИР из различных стран
Table 1. Dynamics of adding fiber flax accessions from various countries to the VIR collection

Регион	Число образцов				Регион	Число образцов			
	1922–1950	1951–1991	1992–2021	Всего		1922–1950	1951–1991	1992–2021	Всего
Россия	809	210	255	1274	Азия	17	19	141	177
Европа	195	466	277	938	Восточная Азия		11	141	152
Восточная Европа	77	224	74	375	Китай		3	128	131
Беларусь	48	48	32	128	Корея		3		3
Болгария		2	2	4	Монголия		2		2
Венгрия	2	22		24	Япония		3	13	16
Польша	4	29	5	38	Западная Азия		6		6
Румыния		6		6	Грузия		2		2
Украина	19	57	30	106	Турция		4		4
Чехия	4	29	5	38	Средняя Азия	17			17
Чехословакия		31		31	Казахстан	15			15
Западная Европа	57	168	22	247	Таджикистан	1			1
Австрия		5		5	Узбекистан	1			1
Бельгия		14		14	Южная Азия		2		2
Великобритания	11	28		39	Афганистан		1		1
Германия	14	42	5	61	Индия		1		1
Ирландия	2			2	Северная Америка	7	12		19
Нидерланды	30	53	4	87	Канада	4	3		7
Франция		25	13	38	США	3	9		12
Швейцария		1		1	Южная Америка	2	43	1	46
Северная Европа	61	61	180	302	Аргентина		37		38
Дания		5	1	6	Бразилия		1		1
Латвия	36	5	1	42	Венесуэла		2		2
Литва	15	26	156	197	Колумбия	1			1
Норвегия		1		1	Перу		1		1
Финляндия	1	5		6	Уругвай	1	1		2
Швеция	2	13	22	37	Чили		1		1
Эстония	7	6		13	Австралия и Океания		6	1	7
Южная Европа		13	1	14	Австралия		6	1	7
Испания		1	1	2	Неизвестно	16	6	4	26
Италия		3		3	Общий итог	1046	762	679	2487
Португалия		4		4					
Югославия		5		5					

Образцы льна-долгунца Российской Федерации

Несмотря на то что лен-долгунец преимущественно возделывается в северных регионах, в коллекции ВИР есть образцы из всех Федеральных округов (ФО) России (рис. 2, табл. 2).

Более 43% (551) образцов российского происхождения приходится на **Центральный ФО**, так как в нем находятся 3 основных льносеющих области – Тверская, Смоленская и Ярославская, в связи с чем из этого региона в коллекцию поступило много местных сортов льна. В первых двух областях находятся ведущие селекционные центры по льну-долгунцу – ВНИИЛ¹ и Смоленская опытная станция².

Таблица 2. Динамика поступления образцов льна-долгунца в коллекцию ВИР из Федеральных округов Российской Федерации

Table 2. Dynamics of adding fiber flax accessions from the Federal Districts of the Russian Federation to the VIR collection

Регион / Region	Число образцов / Numbers of accessions				Регион / Region	Число образцов / Numbers of accessions			
	1922–1950	1951–1991	1992–2021	Всего		1922–1950	1951–1991	1992–2021	Всего
Центральный ФО	247	134	170	551	Приволжский ФО	88	10	5	103
Брянская обл.	4			4	Волго-Вятский р-н	7			7
Владимирская обл.	5			5	Кировская обл.	33	9	5	47
Ивановская обл.	2			2	Нижегородская обл.	2			2
Костромская обл.	4			4	Пензенская обл.	6			6
Курская обл.	1			1	Пермский край	13			13
Московская обл.	22	29	92	143	Республика Удмуртия	25			25
Орловская обл.	2			2	Республика Чувашия	1	1		2
Смоленская обл.	37	30	4	71	Ульяновская обл.	1			1
Тверская обл.	111	73	74	258	Уральский ФО	10			10
Тульская обл.	3			3	Тюменская обл.	9			9
Ярославская обл.	56	2		58	Челябинская обл.	1			1
Северо-Западный ФО	259	49	71	379	Сибирский ФО	113	15	9	137
Архангельская обл.	14		1	15	Алтайский край	61			61
Вологодская обл.	38			38	Иркутская обл.	11			11
Ленинградская обл.	62	22	59	143	Кемеровская обл.	2			2
Новгородская обл.	8			8	Красноярский край	12	1		13
Псковская обл.	126	25	11	162	Новосибирская обл.	5			5
Республика Карелия	8			8	Омская обл.	4			4
Республика Коми	3	2		5	Республика Тыва	12			12
Южный ФО		1		1	Томская обл.	6	14	9	29
Краснодарский край		1		1	Дальневосточный ФО	90			90
Северо-Кавказский ФО		1		1	Забайкальский край	2			2
Дагестан		1		1	Приморский край	86			86
					Якутия	1			1
					Хабаровский край	1			1
					Неизвестно	2			2
					Итого	809	210	255	1274

¹ Современное название: Институт льна – обособленное подразделение Федерального научного центра лубяных культур (Тверская обл., г. Торжок); <https://fncl.ru/company/struktura-instituta/institut-lna>

² Современное название: Смоленский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Федерального научного центра лубяных культур (г. Смоленск); <https://fncl.ru/company/struktura-instituta/smolenskiy-institut-selskogo-khozyaystva>

В Московской области, в бывшем Московском отделении ВИР³, с 1988 по 2005 г. активно занимались мутагенезом льна, что позволило создать много селекционного материала с хорошим качеством волокна. Не менее ценны и единичные образцы из Брянской, Владимирской, Ивановской, Костромской, Курской, Орловской и Тульской областей (см. рис. 2, табл. 2).

Около 30% (379) образцов Российского происхождения приходится на **Северо-Западный ФО**, являющийся исконно льносеющей территорией. В основном это кражевые формы и сорта разного времени создания из Псковской области, где находится ведущий селекционер по льну – Псковский НИИСХ⁴, а также Ленинградской области, где располагается НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»⁵ и где уже более 100 лет ученые отдела генетических ресурсов масличных и прядильных культур ВИР активно изучают наследование различных признаков льна. Вологодская и Архангельская области также хорошо представлены староместными формами. Есть образцы с территории современной Новгородской области, республик Карелии и Коми. Интересно, что небольшое число новгородских долгунцов (8 обр.), казалось бы, исконной территории возделывания, объясняется переподчинением районов Новгородской области соседним областям после образования СССР (см. рис. 2, табл. 2).

Почти 11% (137) российских образцов приходится на **Сибирский ФО**, исконно возделывающий как лен-долгунец, так и лен масличный. В первые годы после своего образования коллекция прирастала местными образцами с Алтая, из Новосибирской, Омской и Кемеровской областей, Красноярского края, местными образцами и первыми линиями из Тувинской республики, образцами из Иркутской области, как местными, так и первыми селекционными линиями Тулунской опытной станции⁶. Первые местные образцы Томской области датируются началом 1920-х годов, затем, с открытием Томской селекционной станции⁷, в коллекцию ВИР стали поступать ее селекционные сорта (см. рис. 2, табл. 2).

Более 8% (103) образцов российского происхождения составляют долгунцы **Приволжского ФО**. Если до 1950 г. это были в основном местные формы Волго-Вятского района, в том числе Кировской и Нижегородской областей, а также Пензенской и Ульяновской областей, Пермского края, республик Удмуртии и Чувашии, то после 1950 г. это были сорта Фаленской опытной станции⁸ и Кировско-СХИ⁹ Кировской области (см. рис. 2, табл. 2).

Дальневосточный ФО (более 7% (90) образцов из России) представлен в основном образцами из Приморского края и единичными из Забайкальского, Хабаровского краев и Якутии (см. рис. 2, табл. 2).

Северо-Кавказский ФО (Дагестан) и **Южный ФО** (Краснодарский край) имеют в коллекции ВИР по одному местному образцу, которые интересны тем, что это зона крайне неблагоприятна для формирования волокна льна (см. рис. 2, табл. 2).

Образцы льна-долгунца Европы

Коллекция ВИР насчитывает 938 образцов льна-долгунца из всех регионов Европы. Больше всего образцов происходят из Восточной Европы (375), немного меньше – из Северной (302), Западной (247) и, в незначительном количестве, из Южной (14) Европы (см. рис. 2, табл. 1).

Восточная Европа (375 обр.) представлена в коллекции льна-долгунца ВИР образцами из Беларуси, Украины, Чехии (бывшей Чехословакии), Польши, Венгрии, Румынии и Болгарии.

Беларусь (128 обр.) – на данный момент лидер в производстве льна-долгунца – представлена как местными образцами сборов из всех ее областей, так и селекционным материалом, включая лучшие мировые сорта из Института льна Беларуси (Витебская обл.)¹⁰, Белорусского НИИ земледелия (Минская обл.)¹¹,

³ Земли и имущество Московского отделения ВИР (пос. Истра Московской области) в 2007 г. присоединены к Федеральному научному селекционно-технологическому центру садоводства и питомниководства; <https://vstisp.org/vstisp/index.php/2-uncategorized/215-tsentr-genofonda-i-bioresursov-rastenij>

⁴ Современное название: Псковский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Федерального научного центра лубяных культур (Псковская обл., дер. Родина); <https://fncl.ru/company/struktura-instituta/pskovskiy-institut-selskogo-khozyaystva>

⁵ Современное название: Научно-производственная база (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР); <https://www.vir.nw.ru/vir/podrazdeleniya-instituta/otdely/otdel-geneticheskikh-resursov-maslichnyh-i-pryadilnyh-kultur>

⁶ Современное название: Отдел селекции Иркутского научно-исследовательского института сельского хозяйства в п. Писарево Тулунского района; <https://old.rosselhocenter.ru/index.php/otchjoty-22/6354-otdel-selektcii-irkutskogo-niiskh-v-p-pisarevo-tulunskogo-rajona?ysclid=m4yo6faqc3926246005>

⁷ Современное название: Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СибНИИСХИТ – филиал СФНЦА РАН), Богашевский отдел селекции и семеноводства

⁸ Современное название: Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудникова, Фаленская селекционная станция; <https://fssnauka.narod.ru>

⁹ Современное название: Вятский государственный агротехнологический университет; <https://vgatu.ru/kafedra-pochvovedeniya-zemleustrojstva-i-rasteniyevodstva>

¹⁰ Современное название: Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт льна»; <https://institut-lna.by/index.php/ru/>

¹¹ Современное название: Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию»; <https://izis.by/?ysclid=m4yopocrcw984796652>

Могилевской сельскохозяйственной опытной станции¹².

Украина (106 обр.) – традиционная зона возделывания долгунца – представлена местными образцами всех ее регионов, а также селекционным материалом и сортами Житомирского НИИСХ нечерноземной зоны Украины¹³, Украинского НИИ земледелия¹⁴, НИИ земледелия западных районов Украины¹⁵, Института лубяных культур¹⁶.

Чехия (38 обр.) и бывшая Чехословакия (31) представлены местными формами, а также двумя образцами льна-прыгунца *L. usitatissimum* subsp. *crepitans* (Boenn.) Elladi. Этот таксон не определен окончательно. Считается, что лен-прыгунец – это либо предковая форма культурного льна, либо боковая ветвь его эволюции (Kutuzova, Chukhina, 2017). Также в коллекции много селекционного материала и сортов из этих стран, поскольку ВИР имел тесные связи с селекционными учреждениями бывшей Чехословакии.

Польша (38 обр.) представлена местными образцами в основном Белостокской области (бывш. Белорусская ССР) и других областей, а также селекционными линиями и 25 сортами, так как эта страна исконно возделывает лен.

В коллекции ВИР есть образцы, в основном селекционные линии и сорта, из Венгрии (24 обр.), Румынии (6) и Болгарии (4).

Западная Европа (247 обр.) представлена в коллекции льна-долгунца ВИР образцами из Нидерландов, Германии, Великобритании, Ирландии, Франции, Бельгии, Австрии и Швейцарии.

Нидерланды (87 обр.) – страна, где зарождалась генетика льна, представлена в коллекции ВИР большей частью селекционными и генетическими линиями, полученными Т. Tammes, первым генетиком льна. Также в кол-

Литва (197 обр.) представлена местными образцами, большинство из которых поступили в коллекцию в 1939 г., 174 селекционными линиями и 6 сортами, полученными

¹² Современное название: Республиканское унитарное предприятие «Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция Национальной академии наук Беларуси»; <https://mogilevoshos.by/?ysclid=m4yoqgv6ddy378940010>

¹⁴ Современное название: Институт земледелия УАН; <https://kievskaya-oblast.bizly.ru/1373126039-institut-zemledeliya-uaan/?ysclid=m4ypnvme18570214058>

¹⁶ Современное название: Институт лубяных культур НААН Украины; https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%82%D1%83%D1%82_%D0%BB%D1%83%D0%B1%D1%8F%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%BA%D1%83%D0%B-D%D1%8C%D1%82%D1%83%D1%80_%D0%9D%D0%90%D0%90%D0%9D_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B8%D0%B-D%D1%8Bwiki/%D0%98%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%82%D1%83%D1%82_%D0%BB%D1%83%D0%B1%D1%8F%D0%BD%D1%-8B%D1%85_%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%83%D1%80_%D0%9D%D0%90%D0%90%D0%9D_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B8%D0%BD%D1%8Bwiki/%D0%98%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%82%D1%83%D1%82_%D0%BB%D1%83%D0%B1%D1%8F%D0%B-D%D1%8B%D1%85_%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%83%D1%80_%D0%9D%D0%90%D0%90%D0%9D_%D0%A3%D0%BA%D1%-80%D0%B0%D0%B8%D0%BD%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%83%D1%80

¹⁷ Современное название: The Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK); <https://www.ipk-gatersleben.de/en/institute/about-us>

с 1984 по 2019 г. из Упитской опытной станции Литовского НИИ земледелия¹⁹. Эта станция специализируется на мутагенезе льна, поэтому полученные линии и сорта разнообразны по морфологическим и хозяйственно важным признакам.

Латвия (42 обр.) представлена местными образцами, в основном поступившими в коллекцию в 1939 и 1948 г., и селекционным материалом – линиями, созданными Л. Ф. Альтгаузенем и полученными коллективом Стендовской опытной станции²⁰, а также 4 сортами. **Эстония (13 обр.)** – местными образцами, зарегистрированными в коллекции в 1939 и 1952 г., а также сортами Йыгевской опытной станции²¹. **Швеция (37 обр.)** – 2 местными образцами, 22 селекционными линиями и 13 сортами. Многие из линий и сортов, судя по их названиям, созданы на Свалёфской селекционной станции²². **Финляндия (6), Дания (6) и Норвегия (1)** представлены двумя местными образцами из ботанических садов Финляндии и Норвегии, селекционными линиями и сортами.

Южная Европа (14 обр.) представлена в коллекции льна-долгунца ВИР образцами бывшей **Югославии (5), Италии (3), Португалии (4) и Испании (2)**. Каждая из этих стран имеет только местные формы. В коллекции также есть три португальские селекционные линии и один испанский сорт.

Образцы льна-долгунца из Азии

В коллекции ВИР собраны 177 образцов льна-долгунца, представителей всех регионов Азии. Подавляющее большинство получено из Восточной Азии (152), намного меньше – из Средней (17), Западной (6) и Южной (2) (см. рис. 2, табл. 1).

Восточная Азия (152 обр.) представлена в коллекции льна-долгунца ВИР образцами из Китая, Японии, Кореи и Монголии.

Китай (131 обр.) до начала 1990-х годов не занимался селекцией льна-долгунца. В коллекции ВИР есть три местных образца, два из которых собраны экспедицией ВИР, а один получен по выписке из Румынии. С начала 2000-х годов ВИР активно сотрудничает с ведущими селекционными учреждениями Китая (Institute of Bast Fiber Crops, провинция Хунань, г. Чанша²³; Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences²⁴, провинция Хэйлунцзян, г. Харбин). По обмену из этих учреждений получено 108 линий и 20 современных сортов.

В коллекции ВИР имеются 16 сортов из **Японии** разных периодов селекции, 3 сорта из **Кореи** и два местных образца из **Монголии**.

Средняя Азия (17 обр.) представлена большей частью местными образцами **Казахстана (14 обр.)** и **Таджикистана (1 обр.)**, а также двумя линиями из Казахстана и **Узбекистана**.

Западная Азия (6 обр.) представлена местными образцами **Турции (2)** и **Грузии (2)**, а также турецкими линиями и сортом.

Южная Азия (2 обр.) представлена местными образцами из **Индии** и **Афганистана**.

Образцы льна-долгунца Северной Америки

Северная Америка представлена 19 образцами из США и Канады (см. рис. 2, табл. 1): **США (12 обр.)** – селекционными линиями (устойчивыми к болезням) и сортами 1940-х – 1970-х годов селекции, **Канада (7 обр.)** – одним местным образцом и 6 сортами 1920-х и 1950-х годов селекции.

Образцы льна-долгунца Южной Америки

Южная Америка представлена 46 образцами из Аргентины (38 обр.), Уругвая (2), Чили (1), Перу (1), Бразилии (1), Венесуэлы (2) и Колумбии (1) (см. рис. 2, табл. 1).

Происхождение из **Аргентины** имеют только селекционные линии и сорта. Интересно, что подавляющее большинство их получено через Францию (INRA, 26 обр.) или другие страны, и только 8 – непосредственно из Аргентины.

Венесуэла и **Колумбия** представлены только местными образцами, **Перу** и **Чили** – селекционными линиями, **Уругвай** и **Бразилия** – сортами.

Образцы льна-долгунца Австралии

В коллекции льна-долгунца ВИР есть 7 сортов из **Австралии** (см. рис. 2, табл. 1). Один из них – Currong (к-6608) – лидер по количеству эффективных генов устойчивости к ржавчине и используется как их источник в селекционном процессе РФ.

В коллекции ВИР на февраль 2022 г. не зарегистрирован ни один образец льна-долгунца из **Африки**, одна-

¹⁹ Современное название: Institute of Agriculture of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry; <https://www.researchgate.net/institution/Lithuanian-Research-Centre-for-Agriculture-and-Forestry>

²⁰ Современное название: State Stende Cereal Breeding Institute; https://www.researchgate.net/publication/271052466_State_Stende_Cereal_Breeding_Institute_From_the_Origins_to_the_Present

²¹ Современное название: Estonian Crop Research Institute; https://www.researchgate.net/institution/Estonian_Crop_Research_institute

²² Современное название: Svalöf Weibull AB; <https://svalofconsulting.se/about-us/> (мог быть поглощен BASF); <https://www.chemeurope.com/en/news/519/basf-plant-science-to-acquire-us-plant-biotechnology-and-genetics-company.html>

²³ <https://ibfc.caas.cn/en>

²⁴ <http://www.haas.cn>

ко на основе образца льна-межеумка к-6263 (Giza Purple, Египет) в ВИР отобрана линия долгунцового типа гк-375 (к-8971), которая внесена в постоянный каталог в конце 2022 г. То есть формально возможно отобрать из высоко-рослых Африканских межеумочных форм лен-долгунец.

Образцы льна-долгунца неизвестного происхождения

Данная группа насчитывает 26 образцов, их происхождение нуждается в уточнении, так как страна и учреждение, из которого они получены, не являются их оригиналами. В эту группу входят как староместные сорта, так и селекционный материал – селекционные линии и селекционные сорта (см. рис. 2, табл. 1).

Заключение

Стратегия сбора коллекции льна, как и большинства культур в ВИР, заключается в максимально полном охвате всего возможного разнообразия вида. В ее состав входят различные типы генетических ресурсов: местные стародавние сорта, селекционный материал различной степени проработанности, старые и новые районированные сорта, мутантные по различным хозяйственно ценным, морфологическим, физиологическим и другим важным признакам формы.

С появлением новых методов исследований продолжается углубленное изучение как наследственной изменчивости вида, так и особенностей проявления признаков в меняющихся условиях среды. Коллекция льна-долгунца востребована среди научных и селекционных учреждений. По запросам под конкретные цели заказчика предоставляется как местный, так и проработанный селекционерами материал. Обычно перспективными оказываются образцы разного селекционного статуса. Созданный Национальный центр генетических ресурсов растений будет способствовать объединению усилий держателей коллекций всей России, научных учреждений и селекционеров в деле всестороннего изучения и эффективного использования генетических ресурсов.

References / Литература

Arkhipov A.A., Pushkova E.N., Bolsheva N.L., Rozhmina T.A., Borkhert E.V., Zhernova D.A. et al. Nanopore data-driven chromosome-level assembly of flax genome. *Plants*. 2024;13(24):3465. DOI: [10.3390/plants13243465](https://doi.org/10.3390/plants13243465)

Bazanov T.A., Uschapovsky I.V., Loginova N.N., Smirnova E.V., Mikhailova P.D. Molecular genetic diversity of flax cultivars (*Linum usitatissimum* L.) represented in the State Register for Selection Achievements of the Russian Federation. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(1):163-176. [in Russian] (Базанов Т.А., Ущеповский И.В., Логина Н.Н., Смирнова Е.В., Михайлова П.Д. Молекулярно-генетическое разнообразие сортов льна (*Linum usitatissimum* L.), представленных в Госреестре селекционных достижений Российской Федерации. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(1):163-176). DOI: [10.30901/2227-8834-2023-1-163-176](https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-163-176)

Bogdan V.S., Bogdan T.M., Litarnaya M.A., Ivanov S.A. Agroecological adaptedness of fiber flax specimens. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2023;6(3):5-13. [in Russian] (Богдан В.С.,

Богдан Т.М., Литарная М.А., Иванов С.А. Агроэкологическая адаптированность коллекционных образцов льна-долгунца. *Биотехнология и селекция растений*. 2023;6(3):5-13. DOI: [10.30901/2658-6266-2023-3-02](https://doi.org/10.30901/2658-6266-2023-3-02)

Brutch N.B., Domantovich A.V., Koshkin V.A., Sanin A.A., Kosykh L.A. Intensity of growth and development of flax lines with different photosensitivity in the latitudes traditional for flax and linseed. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2015;176(2):210-224. [in Russian] (Брutch Н.Б., Домантович А.В., Кошкин В.А., Санин А.А., Косых Л.А. Интенсивность роста и развития линий льна с различной фотопериодической чувствительностью на широтах, традиционных для выращивания льна-долгунца и межеумка. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2015;176(2):210-224). DOI: [10.30901/2227-8834-2015-2-210-224](https://doi.org/10.30901/2227-8834-2015-2-210-224)

Cultivated areas in the Russian Federation in 2024 (springtime records) (Posevnye ploshchadi Rossiyskoy Federatsii v 2024 godu [vesennego ucheta]): [website]. [in Russian] (Посевные площади Российской Федерации в 2024 году (весеннего учета): [сайт]). URL: <https://rosstat.gov.ru/search?q=посевные+площади> [дата обращения: 10.11.2024].

Decree of the President of the Russian Federation No. 44 dated Feb. 8, 2022 "On the National Center for Plant Genetic Resources (O Natsionalnom tsentre geneticheskikh resursov rasteniy)". *Official Internet Portal of the Legal Information*. 2022. [in Russian] (Указ Президента Российской Федерации от 08.02.2022 № 44 «О Национальном центре генетических ресурсов растений». *Официальный интернет-портал правовой информации*. 2022. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202202080014> [дата обращения: 10.11.2024].

Dmitriev A.A., Pushkova E.N., Melnikova N.V. Plant genome sequencing: modern technologies and novel opportunities for breeding *Molecular Biology*. 2022;56(4):495-507. DOI: [10.31857/S0026898422040048](https://doi.org/10.31857/S0026898422040048)

FAO STAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations: [website]. Available from: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [accessed Dec. 01, 2024].

Government of the Russian Federation. Directive of September 16, 2023, No. 2496-r (Pravitelstvo Rossiyskoy Federatsii. Rasporyazheniye ot 16 sentyabrya 2023 g. N 2496-r). Moscow; 2023. [in Russian] (Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 16 сентября 2023 г. № 2496-р. Москва; 2023). URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202309190026> [дата обращения: 10.11.2024].

Khlestkina E.K. Genetic resources in Russia: from collections to bioresource centers. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022;183(1):9-30. [in Russian] (Хлесткина Е.К. Генетические ресурсы России: от коллекций к биоресурсным центрам. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022;183(1):9-30). DOI: [10.30901/2227-8834-2022-1-9-30](https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-9-30)

Kishlyan N.V., Melnikova N.V., Rozhmina T.A. The mechanisms of fiber flax adaptation to high soil acidity (a review). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(4):205-212. [in Russian] (Кишлян Н.В., Мельникова Н.В., Рожмина Т.А. Механизмы адаптации льна-долгунца к повышенной кислотности почвы (обзор). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(4):205-212). DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-205-212>

Korolev K.P., Bome N.A., Kolokolova N.N. Phenotypic variability of *Linum usitatissimum* L. accessions under the conditions of the Northern Trans-Urals. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(1):102-117. [in Russian] (Королев К.П., Боме Н.А., Колоколова Н.Н. Фенотипическая изменчивость образцов *Linum usitatissimum* L. в условиях Северного Зауралья. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(1):102-117). DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-102-117>

Kutuzova S.N., Brutch N.B., Porokhovinova E.A., Sharov I.Ya., Pavlov A.V. Comparative characteristics of fiber flax cultivars zoned in 1932-2000 (Svrnitelnaya kharakteristika sortov lna-dolguntsa, rayonirovannykh s 1932 po 2000 gg.). In: *Problems of Fiber Flax Technological Quality Improvement (Problemy povysheniya tekhnologicheskogo kachestva lna-dolguntsa)*: *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*; 2004 November 2-3; Torzhok, Russia. Torzhok; 2005. p.40-48. [in Russian] (Кутузова С.Н., Брutch Н.Б., Пороховинова Е.А., Шаров И.Я., Павлов А.В. Сравнительные характеристики сортов льна-долгунца, районированных с 1932 по 2000 гг.). В: *Проблемы повышения технологического качества льна-долгунца*: *Труды международной научной и практической конференции*; 2004 Ноябрь 2-3; Торжок, Россия. Торжок; 2005. с.40-48. [in Russian] (Кутузова С.Н., Брutch Н.Б., Пороховинова Е.А.,

- Шаров И.Я., Павлов А.В. Сравнительная характеристика сортов льна-долгунца, районированных с 1932 по 2000 гг. В кн.: *Проблемы повышения технологического качества льна-долгунца: материалы Международной научно-практической конференции*; 2-3 ноября 2004 г.; Торжок, Россия. Торжок; 2005. С.40-48).
- Kutuzova S.N., Chukhina I.G. Updating the intraspecific classification of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L.) using methods of classical genetics. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2017;178(3):97-109. [in Russian] (Кутузова С.Н., Чухина И.Г. Уточнение внутривидовой классификации культурного льна (*Linum usitatissimum* L.) методами классической генетики. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017;178(3):97-109). DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-3-97-109>
- Novakovskiy R.O., Povkhova L.V., Krasnov G.S., Rozhmina T.A., Zhuchenko A.A., Kudryavtseva L.P. et al. The cinnamyl alcohol dehydrogenase gene family is involved in the response to *Fusarium oxysporum* in resistant and susceptible flax genotypes *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019;23(7):896-901. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ19.564>
- Povkhova L.V., Melnikova N.V., Rozhmina T.A., Novakovskiy R.O., Pushkova E.N., Dvorianinova E.M. et al. Genes associated with the flax plant type (oil or fiber) identified based on genome and transcriptome sequencing data. *Plants*. 2021;10(12):2616. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10122616>
- Sa R., Yi L., Siqin B., An M., Bao H., Song X. et al. Chromosome-level genome assembly and annotation of the fiber flax (*Linum usitatissimum*) genome. *Frontiers in Genetics*. 2021;12:735690. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.735690>
- Wang Z., Hobson N., Galindo L., Zhu S., Shi D., McDill J. et al. The genome of flax (*Linum usitatissimum*) assembled *de novo* from short shotgun sequence reads. *The Plant Journal: for Cell and Molecular Biology*. 2012;72(3):461-473. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2012.05093.x>

Информация об авторах

Елизавета Александровна Пороховинова, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, e.porohovinova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8328-9684>

Нина Борисовна Брач, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, n.brutch@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2253-6263>

Андрей Валерьевич Павлов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, avpavlov77@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5098-4904>

Information about the authors

Elizaveta A. Porokhovinova, Dr. Sci. (Biology), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, e.porohovinova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8328-9684>

Nina B. Brutch, Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, n.brutch@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2253-6263>

Andrey V. Pavlov, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Head of a Department, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, avpavlov77@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5098-4904>

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 03.12.2024; одобрена после рецензирования 13.12.2024; принята к публикации 21.12.2024.

The article was submitted on 03.12.2024; approved after reviewing on 13.12.2024; accepted for publication on 21.12.2024.