

МИРОВЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЛЬНА КОЛЛЕКЦИИ ВИР В СОЗДАНИИ СОРТОВ ТОМСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

✉ Попова Г.А., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М.

*Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал
Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Томск, Россия*

✉ e-mail: tomsk@sfscs.ru

Представлены результаты изучения 30 образцов льна различного эколого-географического происхождения из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР). Исследованы сорта российской селекции – 14, китайской – 6, украинской – 5, французской – 4, белорусской – 1. Установлено влияние генотипов и погодных условий на проявление хозяйственных признаков многофакторным дисперсионным анализом. Полевые исследования проводили в подтаежной зоне Томской области в 2015–2017 гг. Природно-климатические условия соответствовали требованиям возделывания льна-долгунца. Лучшими по общей и технической длине стеблей отмечены сорта китайской селекции Heiya 4 (K-8485), Sxy 7 (K-8689), российский гибрид Томский 16*Успех (K-8544), французский сорт Drakkar (K-8493), украинский – Глазур (K-8695), 66–72 и 60–66 см соответственно, достоверно выше стандарта Томского 16. По содержанию волокна в технической части стеблей (38–40%) лидировали сорта: российской селекции П-3989 (K-8672), А-236 (K-8692), М-249 (K-8693), французской – Alizee (K-8494), Agatha (K-8492), Melina (K-8495), украинской – Вручий (K-8694), достоверно выше стандарта Томского 16. По массе волокна (91–104 мг) – французские сорта Drakkar (K-8493) и Alizee (K-8494), украинские – Вручий (K-8694) и Глазур (K-8695), российские – А-236 (K-8692) и М-249 (K-8693) – достоверно превосходили стандарт Томский 16 на 6–44 мг. Сорта льна российской селекции П-3989 (K-8672), Добрыня (K-8504), А-236 (K-8692), китайской – Heiya 4 (K-8485), Heiya 13 (K-8486), Туу 13 (K-8687), французской – Agatha (K-8492), Drakkar (K-8493), Alizee (K-8494), Melina (K-8495), украинской – Гладиатор (K-8505) и Вручий (K-8694) – признаны перспективными и включены в селекционный процесс в качестве отцовских родительских форм. Полученный гибридный материал находится на испытании в питомнике отбора с 2017 г. и второго года селекции с 2021 г.

Ключевые слова: лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L. f. *elongata*), селекция, коллекция, сорта, продуктивность, волокно, семена, мыклость

WORLD'S GENETIC RESOURCES OF THE VIR FLAX COLLECTION IN THE CREATION OF TOMSK SELECTION VARIETIES

✉ Popova G.A., Rogalskaya N.B., Trofimova V.M.

*Siberian Research Institute of Agriculture and Peat - Branch of the Siberian Federal Scientific
Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Tomsk, Russia*

✉ e-mail: tomsk@sfscs.ru

The results of the study of 30 flax samples of different ecological and geographical origin from the collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) are presented. The varieties of the Russian selection - 14, Chinese - 6, Ukrainian - 5, French - 4, Belarusian - 1 have been investigated. The influence of genotypes and weather conditions on the manifestation of economic traits by multivariate analysis of variance has been established. Field studies were conducted in the sub taiga zone of the Tomsk region in 2015-2017. Natural and climatic conditions met the requirements for the cultivation of fiber flax. By total and technical stem length the best varieties of the Chinese selection Heiya 4 (K-8485), Sxy 7 (K-8689), the Russian hybrid Tomsk 16 * Success (K-8544), the French variety Drakkar (K-8493), the Ukrainian - Glazur (K-8695), 66-72 and 60-66 cm respectively, were significantly higher than the standard Tomsk 16. According to the fiber content in the technical part of the stems (38-40%) the following varieties were the leaders:

the Russian selection P-3989 (K-8672), A-236 (K-8692), M-249 (K-8693), the French selection Alizee (K-8494), Agatha (K-8492), Melina (K-8495), and the Ukrainian selection Vrchy (K-8694), were significantly above the Tomsk 16 standard. By the fiber mass (91-104 mg) the French varieties Drakkar (K-8493) and Alizee (K-8494), the Ukrainian varieties Vrchii (K-8694) and Glazur (K-8695), the Russian varieties A-236 (K-8692) and M-249 (K-8693) reliably exceeded the Tomsk 16 standard by 6-44 mg. The flax varieties of the Russian selection P-3989 (K-8672), Dobrynya (K-8504), A-236 (K-8692), the Chinese - Heiya 4 (K-8485), Heiya 13 (K-8486), Tyu 13 (K-8687), the French - Agatha (K-8492), Drakkar (K-8493), Alizee (K-8494), Melina (K-8495), and the Ukrainian Gladiator (K-8505) and Vrchiy (K-8694) were recognized as promising and were included in the breeding process as male seed parents. The resulting hybrid material has been on trial in the selection nursery from 2017 and the second year of breeding from 2021.

Keywords: fiber flax (*Linum usitatissimum* L. f. *elongata*), breeding, collection, varieties, productivity, fiber, seeds, stem slenderness (the ratio between the stem length and the diameter)

Для цитирования: Попова Г.А., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М. Мировые генетические ресурсы льна коллекции ВИР в создании сортов Томской селекции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 34–47. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-4>

For citation: Popova G.A., Rogalskaya N.B., Trofimova V.M. World's genetic resources of the VIR flax collection in the creation of Tomsk selection varieties. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 34–47. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Исторически сложилось, что в России лен-долгунец на протяжении длительного времени оставался основной и ведущей прядильной и масличной технической культурой, в большей степени приспособленной к возделыванию в условиях умеренного климата и ее почвенно-климатическим условиям. Длительное время Россия являлась крупнейшим мировым лидером по производству и экспорту натурального льняного волокна и тканей. Для обеспечения экономической и стратегической независимости страны важно сохранить свое отечественное целлюлозное волокнистое сырье, способное в значительной мере обеспечить импортозамещение хлопка [1]. В современных сортах льняное волокно может состоять до 90% из целлюлозы. Несмотря на то, что посевы льна-долгунца ежегодно сокращаются, он остается основным источником натуральных ежегодно воспроизводимых волокон в Российской Федерации [2, 3].

Современная селекция льна-долгунца по-прежнему направлена на повышение качества льняной продукции. Залогом успешной селекционной работы при создании новых сортов являются эффективность научно обоснованного подхода к подбору исходного материала и изученность его в конкретных почвенно-климатических условиях¹.

Для обогащения генетического материала в селекции льна-долгунца в Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства и торфа – филиале Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН) формируется питомник экологического испытания коллекции с привлечением образцов из основных российских коллекций ВИР и Федерального научного центра лубяных культур (ФНЦ ЛК).

Длительное время в российской селекции льна-долгунца, в том числе при выведении первых томских сортов, в качестве

¹Павлова Л.Н., Герасимова Е.Г., Румянцев В.Н. Инновационные приемы в селекции льна-долгунца // Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию томской школы селекции льна-долгунца. ФАНО, СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН. Томск: ООО «Графика», 2017. С. 43–46.

исходного материала использовали местные кражевые льны [4]. В начале XX в. из местных сибирских льнов выделены высоковолокнистые линии, которые в дальнейшем послужили и продолжают оставаться генетическим материалом при создании новых сортов повышенной волокнистости. Недостатком первых сибирских сортов служило то, что они имели грубое волокно низкого качества, номер длинного волокна соответствовал 9–10. Во второй половине XX в. вовлечение в селекционную работу набора коллекционных образцов и сортов льна ВИР и Всероссийского научно-исследовательского института льна (ВНИИЛ) позволило расширить генетическое разнообразие и получить линейку раннеспелых сортов томской селекции².

Полученные сорта унаследовали высокое содержание волокна и приобрели его повышенное качество (11–14 номер длинного волокна). Современные сорта льна-долгунца томской селекции, находящиеся в Государственном реестре селекционных достижений Российской Федерации, районированы по Северо-Западному, Центральному, Волго-Вятскому и Западно-Сибирскому регионам, отдельные из них – во всех регионах (например, Томич 3, что свидетельствует о его высоком адаптивном потенциале).

К современным сортам льна-долгунца предъявляются высокие требования по качеству волокна, устойчивости их к биотическим и абиотическим факторам внешней среды и адаптивному потенциалу [5]. В России создано много сортов с высокими показателями качества волокна³.

Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации, за

2010–2020-е годы пополнился сортами томской селекции Памяти Крепкова (год включения 2012), Томич (2017), Томич 2 (2019) и Томич 3 (2022)⁴.

Создание сортов льна-долгунца с высоким содержанием волокна привело к изменениям в сторону ухудшения структурно-морфологических качественных показателей растений. Повышение волокнистой продуктивности новых сортов привело к падению технологических прядильных показателей гибкости, тонины, прочности и равномерности распределения волокнистых веществ по длине стебля, ухудшению анатомического строения стебля: увеличение диаметра элементарных волокон почти на 50% и уменьшение их длины⁵ [5].

Исследователи отмечают ухудшение химического состава волокна, а также снижение пектиновых веществ в волокне, что отражается на прядильных свойствах пряжи. Поэтому актуален вопрос улучшения качества волокна в новых сортах, являющийся первоочередной задачей для российских селекционеров.

Помимо этого, с начала 2000-х годов в Сибири отмечают изменения в температурных тенденциях. Так, климат во всей подтайге Западно-Сибирской равнины с 1936 по 2015 г. изменился в сторону потепления [6]. В течение вегетационного периода льна-долгунца все чаще стали наблюдаться сильные перепады температур и неравномерность в выпадении осадков, особенно в критические фазы роста культуры. Ливневые дожди, шквалистые ветры приводят к переувлажнению почвы, полеганию посевов льна-долгунца, развитию болезней, которые в свою очередь снижают количество и качество льнопродукции.

²Мичкина Г.А., Рогальская Н.Б., Попова Г.А. История селекции томского льна-долгунца. Развитие научного наследия Н.И. Вавилова на современном этапе: материалы международной научной конференции, посвященной 120-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова (Новосибирск, 19 декабря 2007 г.). Россельхозакадемия. Сибирское отделение. Новосибирск, 2009. С. 148–155.

³Кутузова С.Н., Брач Н.Б., Тихвинский С.Ф., Доронин С.В., Шаров И.Я., Питько А.Г. Географическая изменчивость хозяйственно ценных признаков льна // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1991. Т. 144. С. 40–48.

⁴Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (сорта растений): [//gossortrf.ru/wp-content/uploads/2022/06/Реестр%20на%20допуск%202022.pdf](http://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2022/06/Реестр%20на%20допуск%202022.pdf) (дата обращения 18.11.2022).

⁵Павлова Л.Н. Сорт – основа успешного развития льноводства // Роль льна в улучшении среды обитания и активного долголетия человека. Материалы международного семинара. Тверь, 2012. С. 51–55.

Влияние условий выращивания на проявление хозяйственно ценных признаков льна достаточно изучено [7]. Основная их часть относится к отдельным факторам, влияющим на физиологические процессы роста и развития растений. Проявление большинства признаков из них зависит не от одного фактора, а от системы. Ранее доказано, что географические условия при посеве льна в различных природно-климатических зонах влияют на морфологические характеристики. Так, повышенная температура и недостаток влаги уменьшают высоту растений, выход и качество волокна, размер семян, но увеличивают длину соцветия и число коробочек [8]. Растения льна-долгунца приобретают габитус масличного льна-межеумка.

При выведении новых сортов следует учитывать их способность давать высокую и стабильную продуктивность, обладать экологической пластичностью и устойчивостью к комплексу биотических и абиотических факторов среды при неблагоприятных агроклиматических условиях [8].

Анализ результатов селекции льна-долгунца Н.Б. Брач⁶ с соавторами провели с 1932 по 2000 г. и показали, что увеличение разнообразия исходного материала позволяет преодолеть нежелательные корреляции между признаками и добиться сочетания высоких хозяйственных показателей. Установлено, что длина растения является одним из основных признаков, которые влияют на массу волокна технической части и содержание волокна [7]. Наиболее стабильным показателем, в наименьшей степени зависящим от погодных условий, сроков уборки, способов первичной обработки, является содержание всего волокна (см. сноску 3).

Обширные генетические коллекции ВИР и ФНЦ ЛК являются единственным и доступным источником новых коллекционных

образцов и сортов льна, разнообразного эколого-географического генезиса.

Цель исследований – изучить в условиях подтаежной зоны Томской области высоковолокнистые образцы и сорта льна-долгунца из мировой коллекции ВИР по продуктивности льноволокна и семян; выделить из них перспективно исходный материал для вовлечения в селекционный процесс.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили 30 образцов культурного льна (*Linum usitatissimum* L.) из мировой коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения, представленных сортами российской селекции 14, китайской – 6, украинской – 5, французской – 4 и белорусской – 1.

Полевые исследования проведены с 2015 по 2017 г. в Богашевском подразделении СибНИИСХиТ – филиала СФНЦА РАН, расположенного в подтаежной зоне Томского района Томской области.

Томская область расположена в зоне тайги юго-восточной части Западно-Сибирской низменности, климат территории континентально-циклический^{7,8}.

В подтайге безморозный период средней продолжительностью 115 сут, среднемноголетняя сумма среднесуточных температур выше 10 °С составляет 1700°; осадков на долю вегетационного периода приходится 200–220 мм, около половины от годовой нормы. По агроклиматическому районированию район исследования относится к 5-й агроклиматической зоне и характеризуется как умеренно теплый и умеренно увлажненный, гидротермический коэффициент Т.К. Селянинова (ГТК) варьирует от 1,1 до 1,6 (см. сноску 8) [6]. В отдельные годы, несмотря на расположение территории в зоне избыточного увлажнения, возможно воз-

⁶Brutch N., Pavlov A., Porokhovina E. et. al. The role of initial material in the results flax breeding in Soviet Union and Russia from 1932 till 2000. // Innovative technologies for comfort: Proceedings of the 4th global workshop (general consultation) of the FAO/ESCORENA European co-operative research network on flax and other bast plants. 7–10 October 2007. Arad, Romania. P. 43–44.

⁷Агроклиматические ресурсы Томской области. Справочник. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 148 с.

⁸Азьмука Т.И. Ресурсы климата. Природные ресурсы Томской области. Томск: издательство Томского университета, 1991. С. 83–103.

никновение засух и суховеев. В целом агро-климатические ресурсы тепла, влаги близки к оптимальным условиям и отвечают потребностям возделывания культуры льна-долгунца.

Анализируемый период проведения исследований охватывает годы с различными метеорологическими условиями. Так, 2015 г. характеризовался достаточным увлажнением и тепловыми ресурсами (ГТК – 1,38), 2016 г. относился к умеренно увлажненному типу (ГТК – 1,14), наибольшее количество осадков выпало в 2017 г., когда отмечено переувлажнение (ГТК – 1,50). В целом влагообеспеченность вегетационных периодов характеризовалась достаточным увлажнением и количеством тепла для произрастания льна-долгунца (см. рис. 1)⁹. Почвенный покров опытных участков представлен агросерыми среднеподзоленными среднесуглинистыми почвами¹⁰. Пахотный горизонт – с реакцией почвенного раствора слабокислой и близкой к нейтральной ($pH_{вод} = 5,9–6,1$), с увеличением к нижним горизонтам, содержащим карбонаты в почвообразующей породе.

Содержание валового гумуса в пахотном горизонте варьировало от 4 до 6%. Основные питательные элементы почвы – подвижные фосфор и обменный калий – находятся в достаточном количестве для культуры льна-долгунца (25–27 мг/100 г). Лен возделывают в семипольном севообороте, предшествующие культуры – зерновые: пшеница, овес, ячмень.

Анализ морфологических характеристик, определение содержания волокна в стеблях осуществляли на растениях, выращенных в условиях полевого посева льна-долгунца в луночном питомнике квадратным способом с площадью питания $2,5 \times 2,5$ см в условиях выровненного агрофона. Для оценки волокнистой продуктивности определены основные морфологические характеристики: общая и техническая длина стебля – расстояние от места прикрепления семядольных листьев до начала разветвления соцветия (см), диаметр стебля (мм), масса волокна (мг) и содержание волокна (%) – в технической части определяли отношением массы волокна к массе стебля; мыклость (см/мм), определяемая отношением технической длины

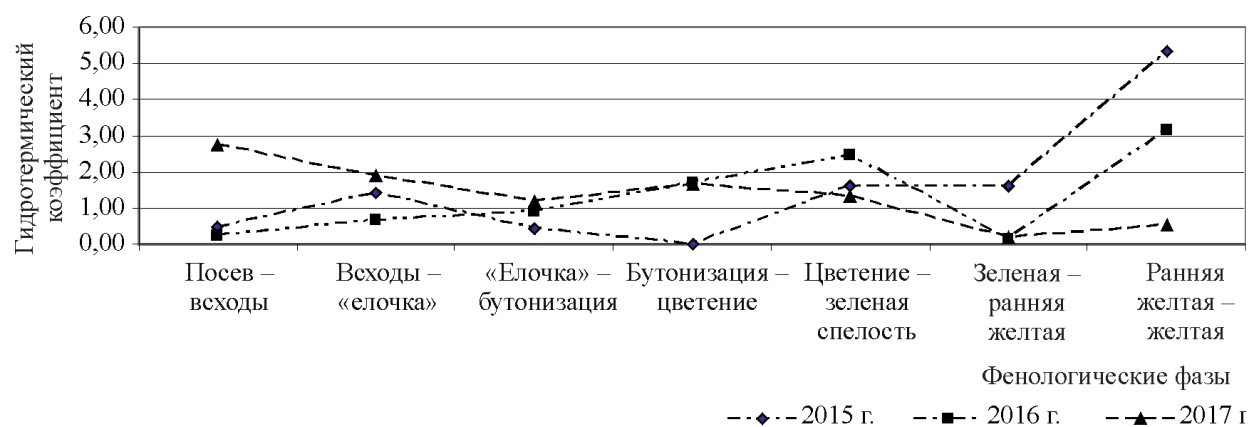


Рис. 1. Гидротермический коэффициент вегетационного периода по фазам роста льна-долгунца в 2015–2017 гг. в Томской области

Fig. 1. Hydrothermal coefficient of the growing season according to the growth phases of flax in 2015–2017 in the Tomsk region

⁹<http://www.pogodaiklimat.ru/> Погода и Климат.

¹⁰Соловьева Т.П., Макеева Е.А., Попова Г.А. Состояние агросерых старопашотных почв р. Басандайка / Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию томской школы селекции льна-долгунца. ФАНО, СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН. Томск: ООО «Графика», 2017. С. 141–149.

стебля к его среднему диаметру^{11,12}. Продуктивность по семенам оценивали по числу коробочек на растении (шт.) и массе семян в них (мг). Выделение волокна осуществляли из моченцовой льнотресты, полученной способом тепловой мочки¹³. В качестве стандарта по морфологическим характеристикам, определяющим продуктивность волокна или семян, использовали районированный в регионе сорт Томский 16 (Т-16). Нормальность распределения признаков проверяли с помощью теста Колмогорова-Смирнова. Для сравнения морфологических признаков гибридов применяли однофакторный дисперсионный анализ и тест Дункана. Для выявления доли влияния факторов использовали многофакторный дисперсионный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Засуха в критические периоды роста и развития культуры выступает одним из лимитирующих факторов получения гарантированного урожая льноволокна высокого качества. Период вегетации льна-долгунца от всходов до цветения является критическим в отношении потребности во влаге. Доказано, что условия повышенной влажности оказывают положительное влияние на количество и качество волокна в стеблях растений льна-долгунца [9].

Если в целом для культуры льна-долгунца количество тепла и влаги за годы наблюдений (2015–2017) определялось как достаточное, то конкретное распределение осадков и температурный режим носили достаточно неравномерный характер. Интегральный показатель оценки влагообеспеченности растений – ГТК – для формирования высокостебельного волокнистого льна должен составлять 1,3–1,6¹⁴.

Вегетационный период 2015 г. характеризовался по оценке влагообеспеченности ГТК показателем 1,38 с достаточными увлажнением и количеством тепловой энергии, но неравномерным распределением по сезо-

ну в критические фазы потребления влаги льном. Период активного роста льна-долгунца в фазу «елочка» – бутонизация, в котором закладываются потенциальные возможности формирования стебля и волокнистых пучков в нем, проходил при недостаточном увлажнении. От посева до цветения выпало всего 68 мм осадков, причем в период формирования стебля и заложения волокна в нем, в фазу «елочка» – бутонизация, всего было в наличии 9 мм, что негативно отразилось на линейных размерах стебля и урожае льносоломки.

Оптимальными условиями для формирования семенной продуктивности считаются осадки в период после цветения и в период созревания (фаза зеленой – желтой спелости), достаточное количество – 70–80 мм, фактически выпало 120 мм. Избыточное увлажнение после цветения затягивало созревание и увеличивало продолжительность вегетационного периода. Условия года отличались при общей оптимальной влагообеспеченности неблагоприятным распределением по вегетационному периоду.

В умеренно увлажненный 2016 г. ГТК составил 1,14, условия для роста и формирования урожая волокна и семян складывались аналогично предыдущему году исследования. Так, отмечено недостаточное количество влаги и тепла до цветения. Повышенные температуры воздуха и отсутствие осадков июня ускорили прохождение фазы «елочка» – бутонизация, формирование стебля проходило в условиях недостаточного количества осадков, поэтому цветение льна началось раньше средних сроков на 5–7 дней. Начало I декады июля отмечено оптимальными температурами воздуха и достаточным количеством осадков, что способствовало в дальнейшем получению повышенной семенной продуктивности. Погодные условия II декады июля с высокой температурой воздуха (до 30 °С) и почти ежедневными выпадениями осадков привели к переувлажнению почвы. В целом

¹¹ГОСТ Р 52784–2007. Лен-долгунец. Термины и определения. М.: Издательство стандартов. 2009. 21 с. ¹²Соловьев А.Я. Льноводство. М.: Агропромиздат, 1989. 320 с.

¹³Методические указания по проведению технологической оценки льносоломы и опытов по первичной обработке льна. Торжок, 1972. 58 с.

¹⁴Справочник льновода. М.: Россельхозиздат, 1969. 215 с.

вегетационный период по температурному режиму и влагообеспечению в периоды роста и развития льна, так же как и 2015 г., не всегда соответствовал оптимальным показателям.

Наиболее благоприятным по увлажнению следует считать вегетационный период 2017 г., в целом он характеризовался как переувлажненный (ГТК – 1,50) с оптимальным распределением температурного и водного режимов, от посева до цветения осадки составили 143 мм, после цветения – 63 мм. Сложившиеся погодные условия за период исследований позволили оценить коллекционный материал на адаптивность к стрессовым факторам среды.

Часто в течение вегетационного периода складывались неблагоприятные условия во важные фазы роста и развития, что отразилось на результатах морфологических характеристик, определяющих продуктивность растений льна-долгунца и его линейные параметры, таких как общая и техническая длина растений, содержание волокна в технической части стебля, урожайность льносоломой и семян.

Важные наследственно устойчивые морфологические характеристики растений льна-долгунца, такие как общая и техническая длина стебля, в значительной мере определяют урожайность льносоломой и содержание волокна в ней. По результатам 3-летних наблюдений выделились высокопродуктивные сорта льна-долгунца китайской селекции – Heiya 4 (K-8485), Sxy 7 (K-8689), общая длина стебля у которых 66–72 см. Российский гибрид Томский 16*Успех (K-8544), французский сорт Drakkar (K-8493), украинский – Глазур (K-8695) с общей длиной стебля 67–68 см, на 9–10 см достоверно превышали стандарт Томский 16 (58 см) (см. табл. 1).

Длинное волокно – основной продукт, ради которого возделывают лен-долгунец, формируется и содержится в технической части стебля, которая является важной морфологической характеристикой, определяющей линейные размеры стебля. У 17 изучаемых образцов и сортов льна-долгунца

длина технической части стебля достоверно превышала стандарт Томский 16 (52 см) на 9–10 см. Как и в случае с общей длиной растения, по этой важной морфологической характеристике (техническая длина стебля) наибольшие показатели имели китайские сорта Heiya 4 (K-8485) и Sxy 7 (K-8689), они достигали величины 60–62 см. Российский гибрид Томский 16*Успех (K-8544), M-249 (K-8693) и французский сорт Drakkar (K-8493) – 59–62 см, украинский – Глазур (K-8695) – 58 см – на 6–10 см достоверно превышали стандарт Томский 16 (см. табл. 1).

Важная морфологическая характеристика, по которой можно оценить качество льносоломой и ее волокна, – диаметр стебля. Эмпирически доказано, что чем тоньше стебель, тем выше качество волокна. Лен обеспечивает получение высококачественного волокна при длине стебля не менее 70 см и диаметре 1,0–1,2 мм (см. сноску 12). Все образцы льна в опыте характеризовались тонкостебельностью (0,92–1,18 мм) и незначительно отличались от стандарта Томский 16 (0,95 мм). Достоверно больше стандарта диаметр стеблей отмечен у российского гибрида Томский 16*Успех (K-8544), сорта французской селекции Drakkar (K-8493) – 1,15 мм, сортов украинской селекции Вручий (K-8694) и Глазур (K-8695) – 1,12–1,18 мм.

Величина отношения технической длины стебля к его диаметру – мыклость стебля – при высоком стебле достигает 600, в то время как у большинства растений она не превышает 300 единиц (ед.). Это один из значимых признаков, характеризующих выход и качество волокна [7]. Как отмечают В.Н. Понажев и Е.Г. Виноградова [5], у современных сортов льна-долгунца произошло уменьшение мыклости от 620–650 до 420–450 ед. В нашем случае по результатам 3-летнего изучения (2015–2017) достоверных отличий от стандарта Томского 16 (564 ед.) у изучаемых образцов не обнаружено, все образцы характеризовались достаточно высокими показателями мыклости и располагались в интервале от 485 до 620 ед. (см. табл. 1). У трех образцов отмечена тен-

Табл. 1. Результаты морфолого-структурного анализа образцов льна-долгунца коллекции ВИР в Томской области (среднее за 2015–2017 гг.)

Table 1. Results of the morphological and structural analysis of the flax samples yield from the VIR collection in the Tomsk region (average for 2015–2017)

Номер по каталогу ВИР	Название	Общая длина, см	Техническая длина, см	Диаметр, мм	Мыклость стебля, см/мм	Масса волокна в технической части стебля, мг	Содержание волокна, %	Число коробочек	Масса семян с растением, мг
Томский 16 стандарт		58	52	0,95	564	60	30	2,1	63
<i>Российские сорта</i>									
К-8498	л-4к-5512*л1-к-5523	62*	55*	0,92	613	43*	24*	1,6	43*
К-8499	к-6083*л-1к-550	64*	56*	1,02	557	56*	23*	2,5	87*
К-8500	л-1к-550*к-6084	57*	50	0,92	555	44*	29*	2,2	67*
К-8504	Добрыня	59	52	1,04	576	76*	32*	2,4	74*
К-8539	Тост 4*Зарянка	57*	49	0,98	510	56*	30	2,4	65
К-8540	л 2 Тост*Зарянка	56*	49	1,00	495	56*	29*	2,5	59*
К-8544	Т16*Успех	67*	59*	1,15*	537	69*	22*	3	116*
К-8557	Александрит	62*	55*	1,09	507	87*	33*	2,3	64*
К-8558	Горизонт	64*	56*	1,09	527	84*	30	2,4	69*
К-8671	Весничка	61*	53	1,01	537	57*	26*	2,1	52*
К-8672	П-3989	61*	53	1,03	523	84*	37*	2,3	66
К-8673	Л-205	62*	54	1,11	500	63*	25*	2,6	83*
К-8692	А-236	64*	57*	1,09	532	91*	33*	2,2	56*
К-8693	М-249	66*	59*	1,07	560	91*	31*	2,4	68*
<i>Китайские сорта</i>									
К-8485	Heiya 4	72*	62*	1,09	620	77*	24*	2,9	76*
К-8486	Heiya 13	61*	51	1,11	485	59	23*	2,6	92*
К-8667	Sxy 20	66*	57*	1,09	543	75*	27*	2,5	73*
К-8687	Tyy 13	62*	55*	1,06	527	58	25*	2,7	82*
К-8688	Lu 1	60*	53	1,04	546	66*	28*	2,2	79*
К-8689	Sxy 7	67*	60*	1,09	565	76*	26*	2,4	69*
<i>Украинские сорта</i>									
К-8505	Гладиатор	65*	58*	1,08	547	84*	31*	2,3	78*
К-8506	Глобус	64*	55*	1,09	512	81*	32*	2,5	88*
К-8556	Каменярь	61*	53	1,09	497	60	24*	3,3	108*
К-8694	Вручий	65*	58*	1,12*	536	97*	32*	2,6	76*
К-8695	Глазур	68*	60*	1,18*	534	96*	28*	2,7	76*
<i>Французские сорта</i>									
К-8492	Agatha	58	52	1,04	512	84*	34*	2,2	77*
К-8493	Drakkar	67*	61*	1,15*	541	104*	32*	2,1	55*
К-8494	Alizee	64*	58*	1,10	542	99*	33*	2,2	86*
К-8495	Melina	59	53	0,99	542	83*	35*	2,2	72*
<i>Белорусские сорта</i>									
К-8507	Форт	61	53	1,04	523	74*	29*	2,9	76*
среднее		62,6	55	1,06	538	74,1	28,9	2,4	74,2
НСР ₀₅		0,06	1,8	0,16	88	3,09	0,07	0,25	3,98

*Различия со стандартом достоверны при 5%-м уровне значимости по тесту Дункана.

денция к увеличению данного показателя по сравнению со стандартом – это российский гибрид (К-8498) 613 ед., сорт Добрыня (К-8504) 576, образец из Китая Heiya 4 (К-8485) 620 ед.

Главным определяющим показателем волокнистой продуктивности льна-долгунца считается селекционно наследуемый признак – содержание волокна в технической части стебля, выраженное в процентах. Природно-климатические условия вегетационного периода 2017 г. способствовали получению наиболее высоких показателей волокнистой продуктивности и оказались наиболее благоприятными для формирования волокна (см. рис. 2). У районированного сорта льна-долгунца Томский 16 с высоким содержанием волокна, используемого в нашем случае в качестве стандарта, содержание волокна в технической части стебля достигало 34,8% (см. рис. 2, а). Наибольшие показатели по содержанию волокна, превысившие стандарт на 9,9%, отмечены у образца льна российской селекции П-3989 (К-8692). Также в лидерах оказались сорта французской селекции Alizee (К-8494) и Melina (К-8495) при содержании волокна в технической части стеблей более 40% (рис. 2, в). Несколько ниже (более 38%) отмечены показатели у российских сортов А-236 (К-8692), М-249 (К-8693) и украинского сорта Вручий (К-8694) (см. рис. 2, а, б). В течение 3 лет наших наблюдений 14 образцов льна-долгунца по содержанию волокна в стеблях (30–37%) достигали показателя уровня стандарта или находились выше, 15 образцов имели волокнистость достоверно ниже стандарта (менее 30 %) (см. рис. 2).

Оценку волокнистой продуктивности льна-долгунца проводили по массе волокна в технической части стебля, которая в конечном итоге обуславливает урожайность волокна. В нашем случае, по результатам наблюдений, большинство образцов и сортов по массе волокна в технической части стебля достоверно превосходили стандарт Томский 16 на 6–44 мг (см. табл. 1). Наибольшие показатели (91–104 мг) имели французские сорта Drakkar (К-8493) и Alizee (К-8494),

украинские – Вручий (К-8694) и Глазур (К-8695), российские – А-236 (К-8692) и М-249 (К-8693).

Проведенный анализ семенной продуктивности льна-долгунца показал, что наибольшие показатели по числу коробочек на одном растении (2,7–3,3 шт.) имели образцы украинской селекции сорт Каменяр (К-8556), российский гибрид Т16*Успех (К-8544), белорусский Форт (К-8507), китайские – Heiya 4 (К-8485), Туу 13 (К-8687). Между образцами не выявлено достоверно значимых различий (см. табл. 1).

Максимальные показатели по семенной продуктивности – массе семян с одного растения – отмечены у российского гибрида Т16*Успех (К-8544) – 116 г, украинского сорта Каменяр (К-8556) – 108, китайского Heiya 13 (К-8486) – 92 г, у стандарта Томский 16 она составила всего 63 г (см. табл. 1).

Дисперсионный анализ признаков коллекционных образцов льна-долгунца показал, что существенный вклад вносит фактор «год». Наибольшее влияние он оказывает на морфологические характеристики: общую и техническую длину стебля и его диаметр на 75,0; 69,5 и 52,6% соответственно (см. табл. 2). Наиболее тонкостебельные растения льна получены в 2017 г.

В результате анализа проведенных полевых наблюдений морфологических характеристик изучаемых образцов и сортов льна-долгунца нами установлено, что фактор «год» оказывает значительное влияние (44%) на признак мыклость стеблей (см. табл. 2). Так, в условиях наиболее благоприятного для роста и развития льна-долгунца 2017 г. стебли сформировались с очень хорошим показателем мыклости – 728–789 см/мм – образцы льна из Китая: Lu 1 (К-8688), Sxy 7 (К-8689), Heiya 4 (К-8485), Sxy 20 (К-8667).

Украинские сорта Глазур (К-8695), Вручий (К-8694), французские Drakkar (К-8493) и Alizee (К-8494), российские гибриды Томский 16*Успех (К-8544), л-4к-5512*л-1 к-5523 (К-8498) имели показатели более 700 см/мм. У 12 образцов значения были

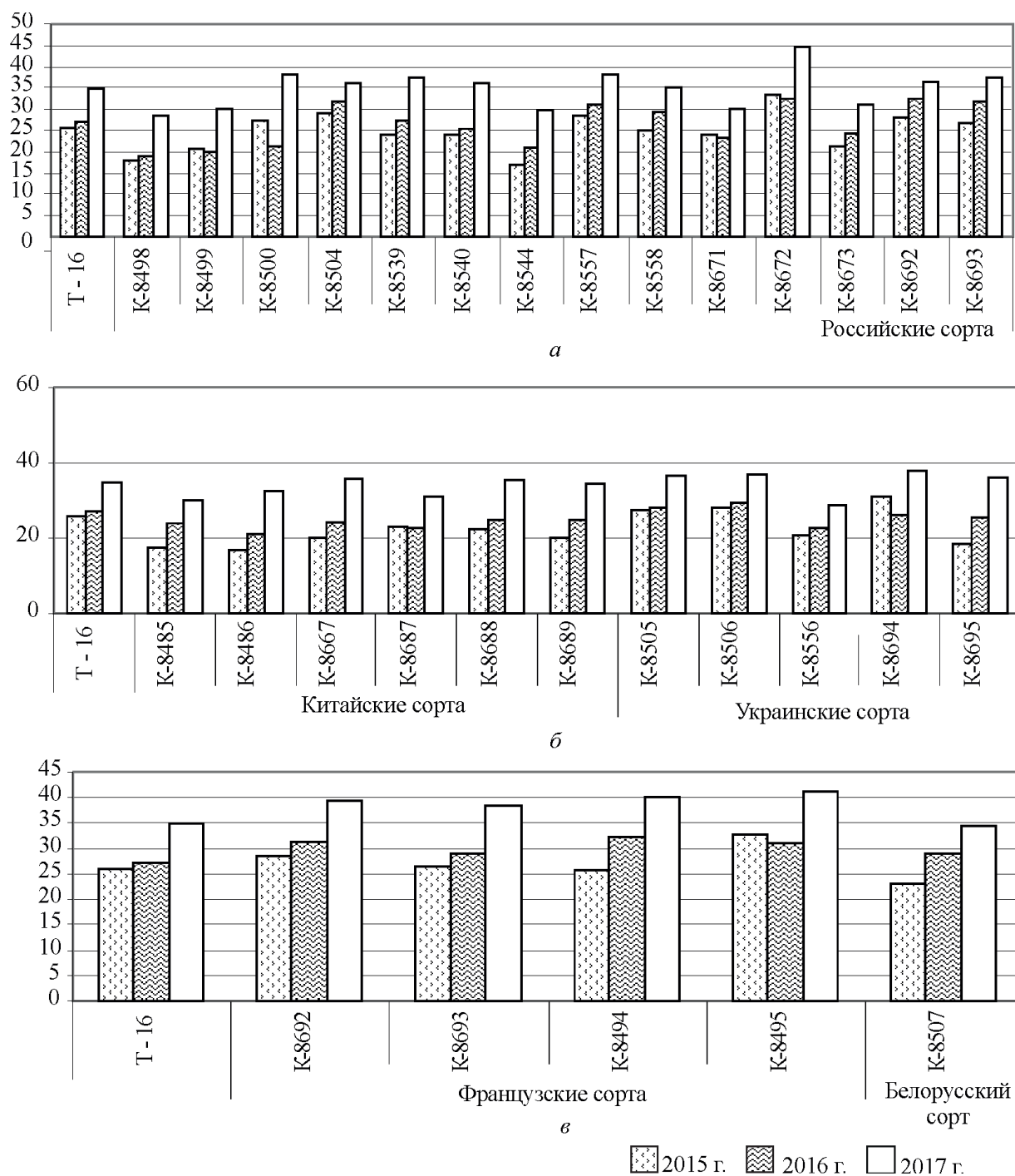


Рис. 2. Содержание волокна в технической части стебля образцов льна-долгунца коллекции ВИР:

а – российской, *б* – китайской, украинской, *в* – французской и белорусской селекции в 2015–2017 гг., %

Fig. 2. Fiber content (%) in the technical part of the stem of flax specimens from the VIR collection:

a – Russian, *b* – Chinese, Ukrainian, *v* – French and Belarusian selection in 2015–2017, %

высокими (на уровне стандарта и выше) – 658–700 см/мм – это российские сорта: М-249 (К-8693), А-236 (К-8692) – и гибриды: л-4к-5512*л-1к-5523 (К-8498), к-6083*л-1к-550 (К-8499) – у 10 образцов – ниже стандарта Томского 16 (571–650 см/мм).

Дисперсионный анализ показал, что на признаки масса и содержание волокна технической части стебля сильное влияние оказывали фактор «год» и «генотип» (см. табл. 2). Эти признаки довольно консервативны и способны в большей степени со-

Табл. 2. Влияние факторов «год» и «генотип» на изменение значений морфологических характеристик коллекционных сортов льна-долгунца луночного посева в 2015–2017 гг.

Table 2. Influence of factors "year" and "genotype" on the change in values of morphological characteristics of flax collection cultivars in 2015–2017

Фактор	<i>df</i>	SS	<i>F</i>	<i>p</i>	Вклад фактора, %
<i>Общая длина стебля, см</i>					
Генотип	30	37 374	49,7	< 0,05	7,2
Год	2	390 829	7792,1	< 0,05	75,0
Генотип*Год	60	25 127	16,7	< 0,05	4,8
Ошибка	2697	67 637			
Всего	2789	520 968			
<i>Техническая длина стебля, см</i>					
Генотип	30	32 284	46,1	< 0,05	7,6
Год	2	293 493	6285,3	< 0,05	69,5
Генотип*Год	60	33 783	24,1	< 0,05	8
Ошибка	2697	62 969			
Всего	2789	422 527			
<i>Диаметр, мм</i>					
Генотип	30	10,608	20,2	< 0,05	7,8
Год	2	71,159	2035	< 0,05	52,6
Генотип*Год	60	6,25	6	< 0,05	4,6
Ошибка	2697	47,153			
Всего	2789	135,169			
<i>Мыкость стебля, см/мм</i>					
Генотип	30	2 526 481	6,11	< 0,05	3,2
Год	2	34 436 839	1249,48	< 0,05	44,0
Генотип*Год	60	4 075 446	4,93	< 0,05	5,2
Ошибка	2697	37 165 836			
Всего	2789	78 204 602			
<i>Масса волокна технической части, мг</i>					
Генотип	30	728 716	70,46	< 0,05	19,8
Год	2	1 657 501	2404,02	< 0,05	45,1
Генотип*Год	60	361 288	17,47	< 0,05	9,8
Ошибка	2697	929 751			
Всего	2789	3 677 257			
<i>Содержание волокна, %</i>					
Генотип	30	41 189	181,9	< 0,05	30,8
Год	2	65 222	4319,6	< 0,05	48,7
Генотип*Год	60	7 137	15,8	< 0,05	5,3
Ошибка	2697	20 361			
Всего	2789	133 908			
<i>Число коробочек на растении</i>					
Генотип	30	283,91	10,13	< 0,05	5,6
Год	2	1954,4	1046,31	< 0,05	38,8
Генотип*Год	60	282,06	5,03	< 0,05	5,6
Ошибка	2697	2518,87			
Всего	2789	5039,24			
<i>Масса семян на растении, г</i>					
Генотип	30	625 400	15,85	< 0,05	8,3
Год	2	2 874 215	1092,62	< 0,05	38,3
Генотип*Год	60	463 214	5,87	< 0,05	6,2
Ошибка	2697	3 547 312			
Всего	2789	7 510 140			

Примечание. *df* – степени свободы, SS – сумма квадратов отклонений, *F* – критерий отношения средних квадратов эффекта к средним квадратам ошибки, *p* – значимость различий.

хранять свою стабильность под воздействием погодных условий.

Также выявлено, что семенная продуктивность, характеризующаяся признаками число коробочек и масса семян с одного растения, в большей степени зависит от погоды (38,8–38,3%), чем от генотипа (5–8%).

По результатам 3-летних наблюдений установлено, что наилучшие показатели волокна получены в 2017 г. Оптимальная влагообеспеченность от всходов до цветения способствовала формированию стеблей, образованию лубяных пучков и, как следствие, повышению урожайности льносоломы и волокна. Этот факт подтверждает общепринятое мнение, что лен-долгунец является довольно влаголюбивым растением, особенно от всходов до цветения. Оптимальными считают условия влагообеспеченности при выпадении не менее 100 мм осадков в этот период [4]. Влагообеспеченность 2015, 2016 гг. составляла за данный период вегетации от посева до цветения всего 68 мм, а в 2017 г. за аналогичный период осадков выпало в 2 раза больше (143 мм). По данным А.П. Крепкова [4] при обеспеченности осадками 120 мм и средней температуре июля 16,6 °С получены максимальный урожай соломки (до 70 ц/га) и содержание волокна в технической части стебля 38,3%.

В исследованиях А.И. Сизова [7] показано, что у стародавних сортов с их широким ареалом возделывания менее всего в различных условиях варьируют морфологические признаки, характеризующие продуктивность льняного растения.

Современные исследователи льна отмечают, что новые селекционные сорта при высоком потенциале урожайности льнопродукции обладают слабой генетической защитой и адаптивностью к местным поч-

венно-климатическим условиям и различным экологическим стрессам, что приводит к снижению количества и качества льняной продукции¹⁵ [8]. Ранее считалось, что успеху селекции противостоит отрицательная корреляция между содержанием волокна в стебле льна и его качеством^{16, 17} [10]. По результатам наблюдений в 2017 г. изучаемые образцы и сорта льна-долгунца характеризовались высоким содержанием волокна, а также имели достаточно высокие значения мыклости стебля, можно предположить положительное влияние сложившихся погодных условий во время вегетации. В ранее проведенных исследованиях длина растений, как общая, так и техническая, почти полностью зависела от генотипа образца¹⁸.

Двойное значение имеет показатель технической длины стебля, с одной стороны, из сортов с большей длиной стебля можно получить волокно более высоких номеров, с другой стороны, высока вероятность полегания и, как следствие, снижение качества волокна [10]. Селекция зерновых культур сосредоточена на выращивании низкорослых сортов из-за уязвимости к полеганию¹⁹ [11]. Однако селекция льна-долгунца не направлена на уменьшение высоты растения. Напротив, достаточно высокие растения желательны для обеспечения более высокой урожайности, поскольку волокна извлекаются из стебля [12].

В 2016, 2017 гг. коллекционные образцы российской селекции л-4к-5512*л1к-5523 (К-8498), к-6083*л1к-550 (К-8499), л1к-550*к-6084 (К-8500), Добрыня (К-8504), Весничка (К-8671), П-3989 (К-8672), Л-205 (К-8673), А-236 (К-8692), китайской Туу 13 (К-8687), украинской Гладиатор (К-8505) вовлечены в процесс гибридизации в качестве отцовских родительских форм при гибри-

¹⁵Павлова Л.Н., Александрова Т.А., Марченков А.Н. Результаты и приоритеты селекции льна-долгунца//Итоги и перспективы развития селекции, семеноводства, совершенствования технологии возделывания и первичная переработка льна-долгунца / Материалы международной научно-практической конференции. г. Торжок. 2000. С. 8–11.

¹⁶Артемова А.Е. Химический состав и технологические свойства волокна льна-долгунца // Вести Академии наук БССР. 1983. № 3. С. 52–57.

¹⁷Богук А.М., Сосновская М.В. Селекция льна-долгунца на повышение содержания волокна // Селекция, семеноводство и технология возделывания лубяных культур. М., 1985. С. 45–48.

¹⁸Брач Н. Б. Внутривидовое разнообразие льна (*Linum usitatissimum* L.) и его использование в генетических исследованиях и селекции: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб, 2007. 38 с.

¹⁹Crook M.J., Ennos A.R. Stem and root characteristics associated with lodging resistance in four winter wheat cultivars // The Journal of Agricultural Science. 1994. Vol. 123. P. 167–174. DOI: 10.1017/S0021859600068428.

зации. В настоящее время полученное потомство изучают в луночном питомнике отбора F_5 – F_6 . В 2021–2023 гг. более 40 перспективных гибридов переведены на последующие этапы селекционного процесса в питомник второго года селекции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований выявлен ценный и пластичный исходный материал для создания сортов с признаками высокой продуктивности. По общей и технической длине стеблей выделились сорта китайской селекции – Неиуа 4 (К-8485), Сху 7 (К-8689), российский гибрид Томский 16*Успех (К-8544), французский сорт Drakkar (К-8493), украинский Глазур (К-8695), у которых данные показатели составляли 66–72 и 60–66 см соответственно, что достоверно превышало стандарт Томский 16 на 9–10 см.

Лидерами по содержанию волокна в технической части стеблей стали образцы льна российской селекции П-3989 (К-8672), А-236 (К-8692), М-249 (К-8693), сорта французской селекции Alizee (К-8494), Agatha (К-8492), Melina (К-8495) и украинский сорт Вручий (К-8694), показатели составляли 38–40% и достоверно превышали стандарт Томский 16 (34,8%) на 7,0–9,9%.

Наибольшие показатели по массе волокна в технической части стебля имели французские сорта Drakkar (К-8493) и Alizee (К-8494), украинские – Вручий (К-8694) и Глазур (К-8695), российские – А-236 (К-8692) и М-249 (К-8693) – 91–104 мг. Они достоверно превосходили стандарт Томский 16 на 6–44 мг.

Сорта льна российской селекции П-3989 (К-8672), Добрыня (К-8504), А-236 (К-8692), китайской – Неиуа 4 (К-8485), Неиуа 13 (К-8486), Туу 13 (К-8687), французской – Agatha (К-8492), Drakkar (К-8493), Alizee (К-8494), Melina (К-8495), украинской – Гладиатор (К-8505) и Вручий (К-8694) – признаны перспективными и включены в селекционный процесс в качестве отцовских родительских форм при гибридизации. Полученный гибридный материал находится на испытании в питомнике отбора с 2017 г. и второго года селекции с 2021 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рожмина Т.А., Павлова Л.Н., Понажжев В.П., Захарова Л.М. Льняная отрасль на пути к возрождению // Защита и карантин растений. 2018. № 1. С. 3–8.
2. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. Лен и его комплексное использование: монография. М.: Информ-Знание, 2002. 400 с.
3. Новиков Э.В., Басова Н.В., Безбабченко А.В. Лубяные культуры в России и за рубежом: состояние, проблемы и перспективы их переработки // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2021. Т. 1. С. 30–40. DOI: 10.54016/SVITOK.2021.1.1.005.
4. Крепков А.П. Селекция льна-долгунца в Сибири: монография. Томск, 2000. 183 с.
5. Понажжев В.П., Виноградова Е.Г. Развитие селекции и семеноводства льна-долгунца – важнейший ресурс повышения эффективности льноводства России // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 1 (3) 2. С. 30–39. DOI: 10.54016/SVITOK.2022.71.55.004.
6. Ромашова Т.В., Филандышева Л.Б., Юркова К.Д. Анализ динамики временных характеристик сезонов года в подтайге Западно-Сибирской равнины за период с 1936 по 2015 г. // Геосферные исследования. 2017. № 3. С. 16–25. DOI: 10.17223/25421379/4/3.
7. Брач Н.Б., Шаров И.Я., Павлов А.В., Пороховина Е.А. Разнообразие признаков льна, связанных с формированием волокна, и влияние условий выращивания на их проявление // Экологическая генетика. 2010. Том. 8. № 1. С. 25–35.
8. Степин А.Д., Рысев М.Н., Кострова Г.А., Рысева Т.А., Уткина С.В. Основные направления и результаты научных исследований Псковского НИУ по селекции льна-долгунца // Известия Великолукской ГСХА. 2019. № 2. С. 14–21.
9. Эколого-генетические основы селекции льна-долгунца: монография. Тверь: Тверской государственный университет, 2009. 272 с.
10. Павлов А.В., Брач Н.Б., Пороховина Е.А., Кутузова С.Н. Образцы льна-долгунца китайской селекции как источник хозяйственно ценных признаков // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2015. Т. 176. № 1. С. 68–75. DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-68-75.
11. Oladokun M. Structural development and stability of rice *Oryza sativa* L. var. Nerica 1. // Journal of Experimental Botany. 2006. Vol. 57. P. 3123–3130. DOI: 10.1093/jxb/erl074.

12. Goudenhoof C., Bourmaud A., Baley C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) Fibers for Composite Reinforcement: Exploring the Link Between Plant Growth, Cell Walls Development, and Fiber Properties // *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. P. 411. DOI: 10.3389/fpls.2019.00411.

REFERENCES

1. Rozhmina T.A., Pavlova L.N., Ponazhev V.P., Zakharova L.M. Linen industry on the way to revival. *Zashchita i karantin rastenii = Plant Protection and Quarantine*, 2018, no. 1, pp. 3–8. (In Russian).
2. Zhivetin V.V., Ginzburg L.N., Ol'shanska O.M. *Flax and its complex use*. Moscow, Inform-Znanie, 2002, 400 p. (In Russian).
3. Novikov E.V., Basova N.V., Bezbabchenko A.V. Bast crops in Russia and abroad: the state, problems and prospects of their processing. *Tekhnicheskie kul'tury. Nauchnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = Technical crops. Scientific agricultural journal*, 2021, no. 1, pp. 30–40. (In Russian). DOI: 10.54016/SVITOK.2021.1.1.005.
4. Krepkov A.P. *Breeding of fiber flax in Siberia*. Tomsk, Tomsk university, 2000. 186 p. (In Russian).
5. Ponazhev V.P., Vinogradova E.G. The development of selection and seed production of flax is the most important resource for improving the efficiency of flax growing in Russia. *Tekhnicheskie kul'tury. Nauchnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = Technical crops. Scientific agricultural journal*, 2022, vol. 1 (3), part 2, pp. 30–39. (In Russian). DOI: 10.54016/SVITOK.2022.71.55.004.
6. Romashova T.V., Filandysheva L.B., Yurkova K.D. Analysis of the dynamics of time characteristics of the seasons of the year in the sub-boreal forest (sub-taiga) of the west Siberian plain in the period from 1936 to 2015. *Geos-*

fernye issledovaniya = Geosphere Research, 2017, no. 3, pp. 16–25. (In Russian). DOI: 10.17223/25421379/4/3.

7. Brutch N.B., Sharov I.Y., Pavlov A.V., Porokhovina E.A. Diversity of flax characters associated with fibre formation and environmental influence on their formation. *Ekologicheskaya genetika = Ecological genetics*, 2010, vol. 8, no. 1, pp. 25–35. (In Russian).
8. Stepin A.D., Rysev M.N., Kostrova G.A., Ryseva T.A., Utkina S.V. The main directions and results of scientific research on flax breeding of the Pskov National Research University. *Izvestiya Velikolukskoi GSKHA = Izvestiya of Velikiye Luki State Agricultural Academy*, 2019, no. 2, pp. 14–21. (In Russian).
9. *Ecological and genetic bases of flax breeding*. Tver, Tver State University Publ., 2009. 272 p. (In Russian).
10. Pavlov A.V., Brutch N.B., Porokhovina E.A., Kutuzova S.N. Fibre flax accessions of Chinese breeding as sources of valuable agronomic characters. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii = Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 2015, vol. 176, no. 1, pp. 68–75. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-68-75.
11. Oladokun M. Structural development and stability of rice *Oryza sativa* L. var. *Nerica 1*. *Journal of Experimental Botany*, 2006, vol. 57, pp. 3123–3130. DOI: 10.1093/jxb/erl074.
12. Goudenhoof C., Bourmaud A., Baley C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) fibers for composite reinforcement: Exploring the link between plant growth, cell walls development, and fiber properties. *Frontiers in Plant Science*, 2019, vol. 10, pp. 411. DOI: 10.3389/fpls.2019.00411.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Попова Г.А.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 634050, Томская область, Томск, ул. Гагарина, 3; e-mail: popovag61@gmail.com, tomsk@sfsca.ru

Рогальская Н.Б., старший научный сотрудник; e-mail: popovag61@gmail.com

Трофимова В.М., научный сотрудник; e-mail: popovag61@gmail.com

AUTHOR INFORMATION

✉ **Galina A. Popova**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 3, Gagarina St., Tomsk, Tomsk Region, 634050, Russia; e-mail: popovag61@gmail.com, tomsk@sfsca.ru

Nina B. Rogalskaya, Senior Researcher; e-mail: popovag61@gmail.com

Vera M. Trofimova, Researcher; e-mail: popovag61@gmail.com

Дата поступления статьи / Received by the editors 28.02.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 13.04.2023
Дата публикации / Published 22.05.2023