



Изменчивость содержания волокна в стеблях у различных сортов льна-долгунца

© 2023. Т. А. Рожмина✉, А. А. Янышина

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Российская Федерация

Проведен анализ экспериментальных данных оценки партий семян льна-долгунца отечественных сортов на генетическую однородность методом грунтового контроля по признаку «содержание волокна в стебле» за период с 1953 по 2022 год. Семенной материал для проведения оценки был получен из селекционно-семеноводческих учреждений России, Белоруссии, Украины, Литвы, Латвии и Эстонии. Цель исследований – оценка уровня изменчивости признака «содержание волокна в стебле» льна-долгунца и результативность отечественной селекции в данном направлении за 70 лет. На примере сорта Светоч показано, что различия между партиями семян (ежегодно оценивалось от 4 до 11 партий различных научных учреждений) по результатам 13 лет испытаний составили от 0,4 до 2,5 абс. процента в пределах одного года, коэффициент вариации – от 0,52 до 3,14 %, что указывает на высокую стабильность данного признака. При этом величина признака у данного сорта, в зависимости от условий выращивания, за период с 1953 по 1972 год колебалась от 27,9 до 35,4 %, коэффициент вариации в среднем за 20 лет составил 6,8 %, среднее значение признака – 31,7 %. У сорта Томский 18 за период испытаний с 1993 по 2022 год величина признака находилась в диапазоне от 25,5 до 35,0 % ($C_v = 8,4$ %). Биологический потенциал современных сортов льна-долгунца (Кром, А-29, Дипломат, Цезарь, Визит и Томский 17) позволил получить содержание волокна в стебле в отдельные годы на уровне 38,1...39,8 % при среднем значении признака – 32,8...35,2 % ($C_v = 9,6$...14,9 %). Наиболее высоким и стабильным содержанием волокна в стебле из 36 изученных современных отечественных сортов льна-долгунца обладает сорт Сурский, у которого величина признака в среднем за годы испытаний составила 34,5 %, коэффициент вариации – 6,4 %, что указывает на высокий уровень его адаптивности.

Ключевые слова: *Linum usitatissimum* L., генетическая однородность, партии семян, содержание волокна, адаптивность, вариабельность

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема FGSS-2019-0016).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Рожмина Т. А., Янышина А. А. Изменчивость содержания волокна в стеблях у различных сортов льна-долгунца. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023;24(4):562-571. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.4.562-571>

Поступила: 11.02.2023

Принята к публикации: 18.07.2023

Опубликована онлайн: 30.08.2023

Variability of fiber content in the stems of different varieties of fiber flax

© 2023. Tatiana A. Rozhmina✉, Antonina A. Yanyshina

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russian Federation

The analysis of experimental data on the evaluation of seed lots of fiber flax of domestic varieties for genetic uniformity by the method of soil control according to the trait "fiber content in the stem" for the period from 1953 to 2022 was carried out. Seed material for evaluation was obtained from breeding and seed-growing institutions in Russia, Belarus, Ukraine, Lithuania, Latvia and Estonia. The purpose of the research was to assess the level of variability of the trait "fiber content in the stems" of fiber flax and the effectiveness of domestic breeding in this direction for 70 years. Using the Svetoch variety as an example, it was shown that the differences between seed lots (from 4 to 11 lots of various scientific institutions were estimated annually) based on the results of 13 years of testing ranged from 0.4 to 2.5 abs. percent within one year, the coefficient of variation was from 0.52 to 3.14 %, which indicated the high stability of this trait. At the same time, the value of the trait in this variety, depending on the growing conditions for the period from 1953 to 1972 ranged from 27.9 to 35.4 %, the coefficient of variation on average over 20 years was 6.8 %, the average value of the trait was 31.7 %. In variety Tomsy 18, for the period of testing from 1993 to 2022, the value of the trait was in the range from 25.5 to 35.0 % ($C_v = 8.4$ %). The biological potential of modern varieties of fiber flax – Krom, A-29, Diplomat, Cesar, Visit and Tomsy 17 made it possible to obtain a fiber content in the stem in some years at the level of 38.1...39.8 %, with an average value of the trait – 32.8...35.2 % ($C_v = 9.6$...14.9 %). The highest and most stable fiber content in the stem of 36 studied modern domestic varieties of fiber flax was found in Sursky variety, in which the value of the trait on average over the years of testing was 34.5 %, the coefficient of variation was 6.4 %, which indicated a high level of adaptability.

Keywords: *Linum usitatissimum* L., genetic uniformity, seed lots, fiber content, adaptability, variability

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Scientific Center for Bast Fiber Crops (theme No. FGSS-2019-0016).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Rozhmina T. A., Yanyshina A. A. Variability of fiber content in the stems of different varieties of fiber flax. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(4):562-571. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.4.562-571>

Received: 11.02.2023

Accepted for publication: 18.07.2023

Published online: 30.08.2023

Лен-долгунец является основным отечественным источником волокнистого сырья. В современных условиях в его сырье нуждается текстильная, медицинская и химическая промышленность, военно-промышленный комплекс, самолето- и автомобилестроение, а также другие отрасли народного хозяйства [1, 2, 3]. В последние годы во всем мире значительно возросла популярность композитов на основе растительных волокон, заменяющих синтетические волокна. Преимуществами растительных волокон по сравнению с синтетическими являются возобновляемость, низкая плотность, малоопасный производственный процесс для здоровья человека, низкая истираемость и другие [4].

Создание надежной отечественной сырьевой базы является важнейшим приоритетным направлением развития страны. Ведущая роль в решении данной задачи принадлежит селекции [2]. Одним из основных признаков, определяющих урожайность льноволокна, является его содержание в стебле. Данный признак положен в основу методики оценки сортов льна-долгунца на генетическую стабильность методом грунтового контроля, которая разработана еще в 30-е годы прошлого века, затем была усовершенствована и до настоящего времени является основным методом для осуществления контроля за сортовой однородностью партий семян возделываемых сортов в процессе их семеноводства [5, 6].

Кряжевые формы льна, созданные крестьянством России в результате применения массового отбора в течение десятков и сотен лет, отличались высоким качеством волокна и имели его содержание в стебле на уровне 20-25 %. Методом индивидуального отбора были созданы первые селекционные сорта – Светоч, 1288/12 и другие, которые находились в производстве более 50 лет. Однако отбор из естественных популяций не позволил комбинировать в сорте необходимые признаки и свойства. Недостатком данных сортов являлись, прежде всего, низкорослость, слабая устойчивость к полеганию и болезням [7, 8].

По мере повышения требований к технологическому качеству льноволокна и придания сортам устойчивости к неблагоприятным факторам среды основным методом стал метод систематической селекции с использованием гибридизации и последующим отбором элитных растений, что позволило создать уникальные по своему строению растения льна-долгунца, высота которых достигает до 85 см и выше, при этом диаметр стебля составляет всего 1,3-1,7 мм [9, 10, 11].

Биологический потенциал современных сортов льна-долгунца по урожайности льноволокна составляет 20-25 ц/га, в среднем по Российской Федерации находится на уровне 9 ц/га, что в значительной мере обусловлено недостаточной устойчивостью современных сортов к неблагоприятным факторам среды [2]. Для решения данной проблемы в последние десятилетия активизировались исследования по оценке адаптивного потенциала генетического разнообразия льна-долгунца на основе анализа урожайности льносоломой либо комплексного показателя – урожайности льноволокна [12, 13, 14]. Вместе с тем, экспериментальные данные о влиянии факторов внешней среды на изменчивость важнейшего признака, определяющего урожайность льноволокна, а именно содержания его в стебле, применительно к современным сортам практически отсутствуют [15].

Цель исследований – оценить уровень изменчивости признака «содержание волокна в стебле» льна-долгунца и результативность отечественной селекции в этом направлении за 70 лет.

Новизна исследований. Использование многолетних данных позволило впервые оценить уровень изменчивости содержания льноволокна в стебле в зависимости от генотипа, условий выращивания, а также выявить влияние репродукции семян в различных агроклиматических льносеющих зонах не только России, но и других стран в течение 4-15 лет на проявление признака при последующих их воспроизводстве. Более того, полученные данные дают возможность оценить результативность отечественной селекции за 70 лет, направленной на повышение содержания волокна в стебле. Все это имеет колоссальное значение как для совершенствования методических подходов в селекции льна-долгунца, так и семеноводства культуры.

Материал и методы. В работе использовали данные оценки за период с 1953 по 2022 год партий семян отечественных сортов и селекционных номеров льна-долгунца на сортовую однородность методом грунтового контроля, проводимой на базе Научно-исследовательского института льна – обособленного подразделения ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (г. Торжок, Тверская область). До распада СССР партии семян для оценки методом грунтового контроля поступали от 34-36 научных и образовательных учреждений, занимающихся семеноводством льна-долгунца, расположенных в различных регионах: России, Белоруссии, Украины, Латвии, Литвы и Эстонии (табл. 1).

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING

Таблица 1 – Научные учреждения, занимающиеся семеноводством льна-долгунца до распада СССР/
Table 1 – Scientific institutions involved in fiber flax seed production before the collapse of the USSR

Республика	Учреждение/ Institution
РСФСР / RSFSR	Боготольская сельскохозяйственная опытная станция / Bogotol Agricultural Experimental Station
	Брянская областная сельскохозяйственная опытная станция / Bryansk Regional Agricultural Experimental Station
	Всесоюзный научно-исследовательский институт льна / All-Russian Research Institute of Flax
	Великолукская сельскохозяйственная опытная станция / Velikolukskaya Agricultural Experimental Station
	Владимирская государственная областная сельскохозяйственная опытная станция / Vladimir State Regional Agricultural Experimental Station
	Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке лубяных культур / All-Russian Research Institute for the Processing of Bast Crops
	Вологодская сельскохозяйственная опытная станция / Vologda Agricultural Experimental Station
	Вятская государственная сельскохозяйственная академия / Vyatka State Agricultural Academy
	Горьковская государственная областная сельскохозяйственная опытная станция / Gorky State Regional Agricultural Experimental Station
	Ивановская государственная областная сельскохозяйственная опытная станция / Ivanovo State Regional Agricultural Experimental Station
	Калужская государственная областная сельскохозяйственная опытная станция / Kaluga State Regional Agricultural Experimental Station
	Костромская государственная областная сельскохозяйственная опытная станция / Kostroma State Regional Agricultural Experimental Station
	НИИ сельского хозяйства Нечерноземной зоны / Research Institute of Agriculture of the Non-Chernozem Zone
	Новгородская областная сельскохозяйственная опытная станция / Novgorod Regional Agricultural Experimental Station
	Новосибирская государственная сельскохозяйственная опытная станция / Novosibirsk State Agricultural Experimental Station
	Марийская государственная республиканская сельскохозяйственная опытная станция / Mari State Republican Agricultural Experimental Station
	Псковская областная государственная сельскохозяйственная опытная станция / Pskov Regional State Agricultural Experimental Station
	Смоленская областная сельскохозяйственная опытная станция / Smolensk Regional Agricultural Experimental Station
	Томская государственная областная сельскохозяйственная опытная станция / Tomsk State Regional Agricultural Experimental Station
	Менделеевское опытное поле / Mendelev experimental field
	Удмуртская государственная сельскохозяйственная опытная станция / Udmurt State Agricultural Experimental Station
	Фаленская селекционная станция / Falenki Breeding Station
	Ярославская государственная сельскохозяйственная опытная станция / Yaroslavl State Agricultural Experimental Station
Белорусская ССР / Byelorussian SSR	Белорусская сельскохозяйственная академия / Belarusian Agricultural Academy
	Брестская областная сельскохозяйственная опытная станция / Brest Regional Agricultural Experimental Station
	Витебская государственная областная сельскохозяйственная опытная станция / Vitebsk State Regional Agricultural Experimental Station
	Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция / Mogilev Regional Agricultural Experimental Station
	Минская областная сельскохозяйственная опытная станция / Minsk Regional Agricultural Experimental Station
	Экспериментальная база "Устье" (ныне РУП Институт льна) / Experimental base "Ustie" (now Republican Unitary Enterprise Flax Institute)
Украинская ССР / Ukrainskaya SSR	Волынская государственная сельскохозяйственная опытная станция / Volyn State Agricultural Experimental Station
	Житомирская областная сельскохозяйственная опытная станция / Zhytomyr Regional Agricultural Experimental Station
	Ивано-Франковская сельскохозяйственная опытная станция / Ivano-Frankivsk agricultural experimental station
	Можгинская межрайонная льносеменоводческая станция / Mozhginsk interdistrict flax seed station
	НИИ земледелия и животноводства западных районов / Research Institute of Agriculture and Animal Husbandry of the Western Regions
	Ровенская сельскохозяйственная опытная станция / Rivne Agricultural Experimental Station
	Украинский НИИ земледелия / Ukrainian Research Institute of Agriculture
	Черниговская сельскохозяйственная опытная станция / Chernihiv Agricultural Experimental Station
Литовская ССР / Litovskaya SSR	Литовская опытная станция / Lithuanian experimental station
	Упитская опытная станция / Upitskaya experimental station
Латвийская ССР / Latvijskaya SSR	Вилянская селекционная опытная станция / Vilyanska Selection Experimental Station
Эстонская ССР / Estonskaya SSR	Йыгеваская селекционная станция / Jõgeva breeding station

В современных условиях основными научными учреждениями России по льну-долгунцу являются: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур» (ФГБНУ ФНЦ ЛК) – обособленные подразделения НИИ льна, Псковский НИИ сельского хозяйства, Смоленский НИИ сельского хозяйства; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудниченко» (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) – филиал Фаленская опытная станция; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Сибирский Федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук» (ФГБНУ СФНЦА РАН) – филиал Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа (Сибирский НИСХиТ).

Оценку партий семян сортов и селекционных номеров льна-долгунца на генетическую однородность, полученных из питомников первичного семеноводства различных учреждений России и других льносеющих стран бывшего СССР, проводили в соответствии с методикой грунтового контроля^{1, 2}. Данную оценку осуществляли в ящичном посеве в вегетационных условиях, а начиная с 2002 года – в луночном питомнике по типу 2-го этапа селекции. Закладку питомника грунтового контроля проводили в соответствии с методическими указаниями по селекции и первичному семеноводству льна-долгунца³. Площадь питания растений льна-долгунца как в условиях вегетационного, так и полевого опытов составляла 2,5 x 2,5 см. За счет оптимальной нормы посева и одинаковой площади питания растений обеспечивается высокая точность оценки испытываемых сортов и номеров по селекционно-значимым морфологическим признакам. В сухую жаркую погоду в питомнике проводили полив растений ежедневно утром и вечером в течение всего периода вегетации льна-долгунца. Определение содержания волокна в стеблях льна-долгунца осуществлялось по единичным растениям

методом тепловой мочки при контролируемом температурном режиме. По каждому сорту высевали 60 семян, повторность опыта 3-кратная. Содержание волокна в стебле определяли у 10 типичных растений в каждой повторности расчетным путем, как отношение массы волокна к массе технической части стебля, выраженное в процентах.

Математическая обработка данных (коэффициент вариации, стандартное отклонение, двухфакторный дисперсионный анализ) выполнена в соответствии с общепринятыми методиками⁴.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенного нами сравнительного анализа экспериментальных данных, полученных при оценке партий семян сорта Томский 18, поставляемых ежегодно оригинатором сорта – Сибирским НИСХиТ (филиал ФГБНУ СФНЦА РАН, ранее Томская ГОСХОС), в условиях ящичного посева (с 1993 по 2001 год) и луночном питомнике в полевых условиях (с 2002 по 2022 год) не выявлено различий между вегетационным и полевым опытом по признаку «содержание волокна в стебле». В том и другом случае среднее содержание волокна в стебле за указанные периоды находилось на уровне 30,4 %, коэффициент вариации при испытании в условиях вегетационного опыта составил 10,3 %, полевого опыта – 7,6 % (табл. 2). При этом диапазон величины признака в зависимости от года испытаний оказался практически идентичным и составил в условиях вегетационного опыта 25,5...35,0 %, а в полевых условиях – 26,0...34,9 %. Таким образом, изменение методики закладки питомника для оценки генетической однородности сортов льна-долгунца, с целью снижения ее трудоемкости, не оказало влияния на уровень содержания волокна в стебле, что еще раз подтверждает вывод, сделанный ранее при разработке данной методики [16]. Вместе с тем, данный признак, как и все другие количественные признаки льна-долгунца, зависит от почвенно-климатических условий в период вегетации растений [7].

¹Клочков В. К., Воронова В. Г. Рекомендации по семеноводству льна-долгунца. М.: 1965. 28 с.

²Яншина А. А., Павлов Е. И., Понажев В. П. Сортовой грунтовой контроль льна-долгунца: методические указания. Россельхозакадемия, 1999. 32 с.

³Павлова Л. Н., Рожмина Т. А., Лошакова Н. И. и др. Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца: методические указания. Тверь: Тверской госуниверситет, 2014. С. 92-98.

⁴Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2012. 352 с.

Таблица 2 – Динамика содержания волокна в стебле льна-долгунца сорта Томский 18 в условиях вегетационного и полевого опытов по данным многолетних испытаний (НИИ льна, питомник грунтового контроля), % /
Table 2 – Dynamics of fiber content in the stem of the fiber flax variety Tomsy 18 under the conditions of vegetation and field experiments according to long-term test (NIL, ground control nursery), %

Вегетационный опыт (ящичный посев) / Vegetation experiment (box sowing)																					
1993 г.	1994 г.	1995 г.	1996 г.	1997 г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	Среднее / Average 1993-2001 гг.												
35,0	31,0	29,8	32,0	32,6	28,4	26,1	33,1	25,5	30,4												
Полевой опыт (луночный питомник) / Field experiment (hole nursery)																					
2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее / Average 2002-2022 г.
26,7	32,0	31,3	30,0	29,2	29,7	32,1	32,7	31,4	31,0	31,9	27,1	28,0	34,2	30,7	33,8	26,0	31,7	30,2	27,1	30,4	

В таблице 3 представлены многолетние экспериментальные данные оценки сорта Светоч в питомнике грунтового контроля во Всероссийском НИИ льна (г. Торжок, Тверская обл.). Семена сорта Светоч были получены из 16 селекционно-семеноводческих учреждений по льну-долгунцу бывшего СССР – ВНИИ льна, Великолукской ОС, Вологодской СОС, Новгородской ОС, Псковской ГОСХОС, Смоленской ГОСХОС, Марийской ОС (Россия); Минской ГОСХОС, Могилевской ГОСХОС, Экспериментальной базы "Устье" (Белоруссия); НИИ земледелия и животноводства, Ивано-Франковской СС, Житомирской ГОСХОС (Украина), Упитской ОС (Литва); Вилянской СОС (Латвия) и Йыгеваской СС (Эстония).

Анализ экспериментальных данных указывает на высокую стабильность содержания волокна в стебле в пределах одного года. Так, коэффициент вариации между партиями семян (ежегодно оценивалось от 4 до 11 партий) сорта Светоч, полученных из различных агроклиматических зон бывшего СССР, составил от 0,52 до 3,14 %, диапазон разности между максимальной и минимальной величиной признака составил от 0,4 (1970 г.) до 2,5 абс. процента (1954 г.). Вместе с тем, содержание волокна в стебле у сорта Светоч, как и у сорта Томский 18, зависит от погодных и почвенно-климатических условий в период выращивания. Так, наиболее высокое содержание волокна в стебле у сорта Светоч было получено в 1953 г., самое низкое – в 1960 г., величина признака составила 35,43 и 28,39 % соответственно.

При испытании партий семян сорта Светоч, полученных из того или иного учреждения, которое проводили в течение 4-15 лет, среднее минимальное значение признака с учетом места репродукции исходных семян составило 27,9 (Вологодская СХОС)...29,6 % (Экспериментальная база «Устье»), максимальное – 33,0 (Йыгеваская СС)...35,4 % (Псковская ГОСХОС) и среднее его значение – 31,15...32,38 % (табл. 4). Коэффициент вариации, в зависимости от условий выращивания, с учетом места репродукции испытываемых семян, находился в диапазоне от 5,36 до 7,42 %. Полученные результаты оказались довольно близки, что свидетельствует о том, что место репродукции семян не оказало влияния на величину признака «содержание волокна в стебле», несмотря на то, что производство семян осуществлялось, в том числе в недостаточно благоприятных для льна-долгунца почвенно-климатических условиях (НИИ земледелия и животноводства ЗР УССР, Львовская обл.; Ивано-Франковская СС и др.). При этом диапазон разности между максимальной и минимальной величиной признака в зависимости от условий выращивания (с 1953 по 1978 год), с учетом места репродукции исходных семян, составил от 4,5 до 6,9 абс. процента.

Таблица 3 – Изменчивость признака «содержание волокна в стебле» у льна-долгунца сорта Светоч в зависимости от года испытаний, % (ВНИИ льна) /

Table 3 – Variability of the trait "fiber content in the stem" in the fiber flax variety Svetoch depending on the year of testing, % (VNIL)

Год / Year	Количество партий семян* / Number of seed lots*	$\bar{X} \pm cd$	CV	Min	Max
1953	4	35,43±0,53	1,50	34,80	36,10
1954	6	30,12±0,95	3,14	29,50	32,00
1955	6	32,10±0,25	0,79	31,80	32,50
1959	7	28,97±0,70	2,41	28,00	29,80
1960	11	28,39±0,33	1,17	27,90	28,90
1963	8	33,28±0,43	1,30	32,90	34,20
1964	11	33,23±0,77	2,32	31,90	34,80
1967	9	32,02±0,52	1,63	31,50	33,00
1968	7	34,13±0,30	0,89	33,80	34,60
1969	7	31,03±0,25	0,80	30,60	31,40
1970	5	34,32±0,18	0,52	34,20	34,60
1971	5	31,86±0,34	1,08	31,6	32,00
1972	5	29,46±0,46	1,55	29,1	30,20

*Количество селекционно-семеноводческих учреждений бывшего СССР, предоставивших семена для оценки на сортовую однородность /

*The number of breeding and seed-growing institutions of the former USSR that supplied seeds for evaluation of varietal uniformity

Таблица 4 – Изменчивость признака «содержание волокна в стебле» у льна-долгунца сорта Светоч за период 1953...1978 гг. с учетом места репродукции семян (ВНИИЛ, питомник грунтового контроля), % /

Table 4 – Variability of the trait «fiber content in the stem» in the fiber flax variety Svetoch for the period from 1953 to 1978 taking into account the place of seed reproduction (VNIL, soil control nursery), %

Место репродукции семян / Place of seed reproduction	Кол-во лет испытаний / Number of years of testing	Годы / Years	Min	Max	Среднее значение / Average value	CV
Новгородская ГОСХОС, Россия / Novgorod GOSHOS, Russia	12	1959-1978	28,20	34,20	31,77	6,48
Псковская ГОСХОС, Россия / Pskov GOSHOS, Russia	8	1953-1968	28,60	35,40	31,88	7,42
Вологодская ГОСХОС, Россия / Vologda GOSHOS, Russia	15	1959-1983	27,90	34,80	31,35	6,83
Марийская ГОСХОС, Россия / Mariyskaya GOSHOS, Russia	4	1960-1967	28,90	33,40	31,75	6,34
Упитская ГОСХОС, Литва / Upitskaya GOSHOS, Lithuania	8	1959-1972	28,20	34,40	31,16	6,92
Вилянская СОС Латвия / Vilanska SOS Latvia	8	1954-1969	28,00	34,50	31,73	6,95
Йыгеваская ГОСХОС, Эстония / Jõgeva GOSHOS, Estonia	5	1955-1964	28,40	33,00	31,26	6,70
НИИ земледелия и животноводства западных районов, Украина / Research Institute of Agriculture and Animal Husbandry of the western regions, Ukraine	9	1960-1972	28,60	34,20	31,83	6,52
Житомирская ГОСХОС, Украина / Zhytomyr GOSHOS, Ukraine	6	1954-1964	28,60	32,90	31,15	6,17
Могилевская ГОСХОС, Белоруссия / Mogilev GOSHOS, Belarus	8	1963-1972	29,20	34,60	32,38	5,36
Экспериментальная база "Устье", Белоруссия / Experimental base "Ustie", Belarus	4	1953-1967	29,60	34,80	32,10	6,74

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING

Таблица 5 – Реакция современных сортов льна-долгунца по признаку «содержание волокна в стебле» на изменения погодных условий в зависимости от года испытаний, % (НИИ льна, питомник грунтового контроля) /
Table 5 – The response of modern varieties of fiber flax according to the trait "fiber content in the stem" to changes in weather conditions depending on the year of testing, % (NIIL, soil control nursery)

Сорт / Variety	Количество лет испытаний / Number of years of testing	Годы / Years	Min	Max	CV	Среднее значение/ Average value	В т.ч. среднее за 2018-2021 гг. / Average value for 2018-2021
Оригинатор – ОП Псковский НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК / Originator – SP Pskov Research Institute of Agriculture FGBNU FNC LK							
Кром / Krom	16	1992-2007	22,70	39,20	12,02	33,04	-
Восход/ Voskhod	19	2002-2020	26,00	34,00	7,61	31,03	-
Антей / Antey	11	2004-2014	30,20	36,50	6,87	33,15	-
Добрыня / Dobrynya	10	2013-2022	26,20	36,20	10,01	31,69	31,38
ОП Смоленский НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК / SP Smolensk Research Institute of Agriculture FGBNU FNC LK							
Смолич/ Smolich	24	1995-2021	18,40	31,20	11,74	26,40	26,28
Импульс/ Impuls	20	2003-2022	22,10	33,50	9,74	27,71	26,65
Лидер / Lider	17	2006-2022	20,70	30,20	10,49	25,95	24,48
Феникс/ Feniks	4	2019-2022	22,80	28,00	10,95	25,23	-
ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК/ SP Research Institute of Flax FGBNU FNC LK							
А-93/ А-93	11	1998-2008	27,20	36,20	9,18	32,35	26,28
А-29 / А-29	7	1992-1998	30,00	39,80	9,61	35,20	26,65
Ленок / Lenok	17	1998-2014	25,90	37,70	9,09	31,50	24,48
Тверской / Tverskoy	18	2001-2018	26,60	36,20	8,90	32,47	-
Зарянка / Zaryanka	15	2001-2015	22,40	32,20	11,55	28,01	-
Альфа / Alfa	14	2006-2020	27,30	36,10	7,96	32,07	-
Росинка / Rosinka	9	2006-2017	22,70	33,80	11,79	29,27	-
Дипломат / Diplomat	9	2013-2022	24,60	39,40	14,93	32,43	-
Универсал / Universal	7	2014-2021	26,50	33,60	8,36	30,73	29,60
Сурский / Surskiy	7	2015-2021	31,70	37,30	6,39	34,51	33,88
Цезарь / Zesar	7	2015-2022	28,50	38,70	11,52	32,79	32,23
Александрит / Aleksandrit	7	2016-2022	26,40	37,20	12,37	32,06	31,70
Тонус / Tonus	5	2016-2021	29,60	35,30	6,99	33,32	-
Надежда / Nadezhda	5	2018-2022	27,70	35,10	10,23	31,30	32,20
Визит/ Vizit	5	2018-2022	28,20	39,10	12,23	33,22	33,23
Факел/ Fakel	5	2018-2022	29,30	36,80	10,07	32,20	32,93
Полет/ Polet	4	2018-2022	29,20	36,20	9,53	33,03	33,03
ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока / FGBNU Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky							
Синель / Sinel'	12	2011-2022	25,50	35,50	10,16	31,13	30,43
Синичка/ Sinichka	13	1997-2010	21,80	31,90	9,97	27,87	-
ФГБНУ СФНЦА РАН / FGBNU Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences							
Томский 17 / Tomskiy 17	28	1992-2022	26,00	38,10	10,64	31,55	30,83
Томский 18 / Tomskiy 18	28	1993-2022	25,60	35,00	8,79	30,36	30,43
Памяти Крепкова / Pamyati Krepkova	6	2013-2022	23,80	31,60	9,78	27,37	28,6
Томич / Tomich	5	2018-2022	27,60	34,20	9,32	30,78	31,48
Томич 2 / Tomich 2	4	2018-2022	31,50	36,50	7,28	33,78	-
Тост / Tost	15	1998-2020	20,30	32,20	12,24	27,41	-
Тост 3 / Tost 3	16	2000-2022	26,00	33,40	6,69	30,26	-
Тост 4 / Tost 4	12	2007-2022	26,00	35,40	9,59	31,60	-
Тост 5 / Tost 5	9	2007-2021	27,00	35,00	8,38	30,82	-
Среднее	-	-	-	-	-	-	30,33

Анализ современных отечественных сортов льна-долгунца свидетельствует о высокой результативности селекции на повышение содержания волокна в стебле. Биологический потенциал по данному признаку у ряда сортов – Кром, А-29, Дипломат, Цезарь, Визит (оригинатор – ФГБНУ ФНЦ ЛК) и Томский 17 (ФГБНУ СФНЦА РАН) составляет 38,1...39,8 % (табл. 5). Однако в среднем за годы испытаний лидерами по содержанию льноволокна в стебле являются сорта А-29 и Сурский, содержание волокна в стебле – 35,2 и 34,51 % соответственно. При этом сорт Сурский отличается от всех современных исследованных сортов льна-долгунца наименьшей вариабельностью признака ($CV = 6,39\%$). Наибольшая изменчивость признака, в зависимости от условий выращивания, выявлена у сортов Кром, Александрит, Визит и Тост, коэффициент вариации 12,02...14,93 %, разность между максимальной и минимальной величиной признака у данных сортов составила от 10,8 до 16,5 абс. процента.

Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ данных по признаку «содержание волокна в стебле» сортов льна-долгунца, испытания которых проходили в период с 2018 по 2021 год, позволил установить достоверность различий при 0,05%-ном уровне значимости: сорт (фактор А) – 0,19 %, год (фактор В) – 0,41 %, взаимодействия факторов (АВ) – 0,82 % (табл. 5). Из полученных данных следует, что по анализируемому признаку наблюдаются существенные различия между большей частью сортов, при этом к наиболее высоковолокнистым относятся сорта льна-долгунца Сурский, Визит и Полет.

Заключение. Результаты анализа 13-летней оценки партий семян (4-11 ежегодно) в питомнике грунтового контроля по содержанию волокна в стебле льна-долгунца сорта Светоч, семенной материал которого был получен из

16 селекционно-семеноводческих учреждений России, Белоруссии, Украины, Литвы, Латвии и Эстонии, свидетельствуют о генетической однородности партий семян по данному признаку: разность между максимальным и минимальным значением составила 0,4...2,5 абс. процента ($CV = 0,52...3,14$). Вместе с тем, диапазон разности величины признака в зависимости от условий выращивания (с 1953 по 1978 год), с учетом места репродукции исходных семян, составил у сорта Светоч от 4,5 до 6,9 абс. процента. У партий семян сорта Томский 18, поставляемых ежегодно оригинатором – Сибирским НИИСХиТ, за период испытаний (с 1993 по 2022 год) разница в величине признака была существенно выше – 9,6 абс. процента. Установлено, что биологический потенциал у ряда современных отечественных сортов льна-долгунца (Кром, А-29, Дипломат, Цезарь, Визит) позволяет обеспечить получение содержания волокна в стебле на уровне 38,1...39,8 %, при этом разность между максимальным и минимальным значением признака у сорта Кром достигала 16,5 абс. процента, что, вероятно, обусловлено усилением влияния неблагоприятных факторов внешней среды. По результатам многолетних испытаний, из 36 изученных современных сортов льна-долгунца наибольшим средним значением данного признака (34,5 %) и стабильностью ($CV = 6,34\%$) обладал сорт Сурский, что указывает на его высокий адаптивный потенциал.

Таким образом, проведенный анализ селекционной работы по признаку «содержание волокна в стебле» у отечественных сортов льна-долгунца за 70 лет свидетельствует о высокой ее результативности. Так, биологический потенциал у современных сортов льна-долгунца достигает 39,8 %, что на 4,4 абс. процента выше по сравнению с сортом Светоч (35,4 %), созданным в середине прошлого столетия.

Список литературы

1. 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. Section Plant Biophysics and Modeling*. 2019;10:411. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00411>
2. Рожмина Т. А., Павлова Л. Н., Понажев В. П., Захарова Л. М. Льняная отрасль на пути к возрождению. Защита и карантин растений. 2018;(1):3-8. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32368923> EDN: YNMXFE
3. Кошечеева Н. С., Баталова Г. А., Лыскова И. В., Краева С. Н. Результаты изучения коллекционного материала льна-долгунца по критериям хозяйственно ценных признаков. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;(3(64)):39-43. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.39-43>

4. Pickering K. L., Efendy M. G. A., Le T. M. A review of recent developments in natural fiber composites and their mechanical performance. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2016;83:98-112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.038>
5. Понажев В. П., Янышина А. А. Методы создания обновленных семян льна-долгунца и эффективность их применения в семеноводстве. *Достижения науки и техники АПК*. 2019;33(9):39-43. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10908> EDN: SPRWUI
6. Янышина А. А., Понажев В. П., Фомина М. А. Состояние сортовых качеств оригинальных семян льна-долгунца в первичном семеноводстве научно-исследовательских учреждений Российской Федерации. *Владимирский земледелец*. 2019;(3(89)):32-35. DOI: <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2019-10078> EDN: WIYXXT
7. Понажев В. П., Рожмина Т. А., Павлова Л. Н., Тихомирова В. Я., Поздняков Б. Я., Сорокина О. Ю., Захарова Л. М., Рыжов А. И., Серков В. А., Смирнов А. А., Ушерович Е. М. Лен и конопля: зонально-адаптивные сорта и технологии производства: монография. Тверь: Тверской ГУ, 2014. 324 с.
8. Duk M., Kanapin A., Rozhmina T., Bankin M., Surkova S., Samsonova A., Samsonova M. The Genetic landscape of fiber flax. *Frontiers in Plant Science*. 2021;12:764612. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.764612>
9. Jankauskiene Z. Results of 90 years of flax breeding in Lithuania. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences Section B Natural Exact and Applied Sciences*. 2014;68(3-4):184-192. URL: https://www.researchgate.net/publication/271726293_Results_of_90_Years_of_Flax_Breeding_in_Lithuania_90_Gadu_Linu_Selekcijas_Rezultati_Lietuva
10. Rozhmina T., Bankin M., Samsonova A., Kanapin A., Samsonova M. A comprehensive dataset of flax (*Linum usitatissimum* L.) phenotypes. *Data in Brief*. 2021;37:107224. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107224>
11. Baley C., Goudenhooff C., Gibaud M., Bourmaud A. Flax stems: from a specific architecture to an instructive model for bioinspired composite structures. *Bioinspiration & Biomimetics*. 2018;13:026007. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-3190/aaa6b7>
12. Ушаповский И. В., Павлова Л. Н., Корнеева Е. М., Брач Н. Б. Особенности оценки льна-долгунца в почвенно-мелиоративных условиях осушения. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017;178(2):73-83. DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-2-73-83>
13. Королев К. П., Боме Н. А. Оценка генотипов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) по экологической адаптивности и стабильности в условиях северо-восточной части Белоруссии. *Сельскохозяйственная биология*. 2017;52(3):615-621. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.3.615rus> EDN: YZKVMH
14. Степин А. Д., Рысев М. Н., Рысева Т. А., Лисицкая Т. Д. Оценка коллекционных образцов льна-долгунца по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Северо-Запада Российской Федерации. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(1):54-68. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.54-68>
15. Du G.-H., Liu F.-H., Rowland G. Fiber cell development and fiber yield of flax (*Linum usitatissimum* L.) affected by the seasonal temperature pattern. *Canadian Journal of Plant Science*. 2015;95(6):1215-1220. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-185>
16. Жученко мл. А. А., Рожмина Т. А., Понажев В. П., Павлова Л. Н., Тихомирова В. Я., Сорокина О. Ю., Павлов Е. И., Поздняков Б. А., Усанова З. И. Эколого-генетические основы селекции льна-долгунца. Тверь: Тверской ГУ, 2009. 272 с.

References

1. Goudenhooff 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. Section Plant Biophysics and Modeling*. 2019;10:411. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00411>
2. Rozhmina T. A., Pavlova L. N., Ponazhev V. P., Zakharova L. M. Linen industry on the way to revival. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2018;(1):3-8. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32368923>
3. Koshcheeva N. S., Batalova G. A., Lyskova I. V., Kraeva S. N. Results of study of long-fiber flax's collection material by the parameters of economically valuable traits. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;64(3):39-43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.39-43>
4. Pickering K. L., Efendy M. G. A., Le T. M. A review of recent developments in natural fiber composites and their mechanical performance. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2016;83:98-112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.038>
5. Ponazhev V. P., Yanyshina A. A. Methods of development of new seeds of fiber flax and effectiveness of their use in seed production. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2019;33(9):39-43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10908>
6. Yanyshina A. A., Ponazhev V. P., Fomina M. A. Condition of high-quality features of initial fibre flax seeds in primary seed breeding of research institutions of the Russian Federation. *Vladimirskiy zemledelets = Vladimir agriculturist*. 2019;(3(89)):32-35. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2019-10078>

7. Ponazhev V. P., Rozhmina T. A., Pavlova L. N., Tikhomirova V. Ya., Pozdnyakov B. Ya., Sorokina O. Yu., Zakharova L. M., Ryzhov A. I., Serkov V. A., Smirnov A. A., Usherovich E. M. Flax and hemp: zone-adaptive varieties and production technologies: monograph. Tver': Tverskoy GU, 2014. 324 p.
8. Duk M., Kanapin A., Rozhmina T., Bankin M., Surkova S., Samsonova A., Samsonova M. The Genetic landscape of fiber flax. *Frontiers in Plant Science*. 2021;12:764612. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.764612>
9. Jankauskiene Z. Results of 90 years of flax breeding in Lithuania. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences Section B Natural Exact and Applied Sciences*. 2014;68(3-4):184-192. URL: https://www.researchgate.net/publication/271726293_Results_of_90_Years_of_Flax_Breeding_in_Lithuania_90_Gadu_Linu_Selekcijas_Rezultati_Lietuva
10. Rozhmina T., Bankin M., Samsonova A., Kanapin A., Samsonova M. A comprehensive dataset of flax (*Linum usitatissimum* L.) phenotypes. *Data in Brief*. 2021;37:107224. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107224>
11. Baley C., Goudenhoof C., Gibaud M., Bourmaud A. Flax stems: from a specific architecture to an instructive model for bioinspired composite structures. *Bioinspiration & Biomimetics*. 2018;13:026007. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-3190/aaa6b7>
12. Ushchapovskii I. V., Pavlova L. N., Korneeva E. M., Brutch N. B. Peculiarities of fiber flax evaluation in soil-melioration conditions of drainage. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii* = Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2017;178(2):73-83. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-2-73-83>
13. Korolev K. P., Bome N. A. Evaluation of flax (*Linum usitatissimum* L.) genotypes on environmental adaptability and stability in the north-eastern Belarus. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2017;52(3):615-621. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.3.615rus>
14. Stepin A. D., Rysev M. N., Ryseva T. A., Lisitskaya T. D. Evaluation of collection accessions of fiber flax according to flax fiber yield and adaptability parameters in the conditions of North-West of the Russian Federation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):54-68. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.54-68>
15. Du G.-H., Liu F.-H., Rowland G. Fiber cell development and fiber yield of flax (*Linum usitatissimum* L.) affected by the seasonal temperature pattern. *Canadian Journal of Plant Science*. 2015;95(6):1215-1220. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-185>
16. Zhuchenko ml. A. A., Rozhmina T. A., Ponazhev V. P., Pavlova L. N., Tikhomirova V. Ya., Sorokina O. Yu., Pavlov E. I., Pozdnyakov B. A., Usanova Z. I. Ecological and genetic bases of fiber flax breeding. Tver': Tverckoy GU, 2009. 272 p.

Сведения об авторах

✉ **Рожмина Татьяна Александровна**, доктор биол. наук, зав. лабораторией селекционных технологий, Институт льна – обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Луначарского, д. 35, г. Торжок, Российская Федерация, 172002, e-mail: yniil.sekretar@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8204-7341>, e-mail: len_rozhmina@mail.ru

Янышина Антонина Александровна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, Институт льна – обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Луначарского, д. 35, г. Торжок, Российская Федерация, 172002, e-mail: yniil.sekretar@mail.ru

Information about the authors

✉ **Tatiana A. Rozhmina**, DSc in Biology, Head of the Laboratory of Breeding Technologies, Flax Institute – Separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Lunacharsky St., 35, Torzhok, Russian Federation, 172002, e-mail: yniil.sekretar@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8204-7341>, e-mail: len_rozhmina@mail.ru

Antonina A. Yanyshina, PhD in Agricultural Science, leading researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, Flax Institute – Separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Lunacharsky St., 35, Torzhok, Russian Federation, 172002, e-mail: yniil.sekretar@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author