

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВЫСОКОВОЛОКНИСТЫЕ ГИБРИДНЫЕ ЛИНИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

¹Попова Г.А., ²Полякова О.И., ¹Князева Н.В., ¹Рогальская Н.Б., ¹Трофимова В.М.

¹Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Томск, Россия

²Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томск, Россия

Представлены результаты создания материала для получения скороспелого сорта льна-долгунца, отличающегося качественным волокном и высокой степенью адаптивности к внешним факторам среды, устойчивостью к полеганию и болезням, для возделывания в Сибири. Изучено 12 перспективных гибридов, материнские линии которых представлены томскими сортами Томский 16, Томский 17, Томский 18 и ТОСТ 5, отцовские линии – сортами бельгийской селекции Мерилин, Сюзанна и Гермес. Полевые исследования проводили в подтаежной зоне Томской области. Предшественник – яровые и озимые зерновые культуры. Природно-климатические условия соответствовали требованиям возделывания ранне- и среднеспелых сортов льна-долгунца. Полученный гибридный материал с 2013 г. высевали в луночном питомнике отбора на специально подготовленном фоне с площадью питания 2,5 × 2,5 см. В 2017–2019 гг. гибридные линии находились в питомниках второго и третьего года селекции. Потенциал гибридных линий изучен в различные по метеорологическим условиям годы. По результатам проведенной работы выделены три высокорослых гибрида, имевшие статистически значимые различия со стандартом Томский 16 и превышающие его на 5,8–7,6 см по общей высоте и на 4,4–9,5 см по технической длине стебля. Девять гибридов показали высокое содержание волокна, превысив стандарт на 2,8–4,2%. Данные перспективные гибридные линии льна-долгунца рекомендованы для использования в селекционном процессе по высоким показателям скороспелости, продуктивности, качеству волокна, адаптивности к внешним факторам среды, устойчивости к полеганию и болезням.

Ключевые слова: лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L. f. *elongata*), селекция, гибридные линии, урожайность, волокно, семена

PROMISING HYBRID LINES OF FIBER FLAX WITH HIGH CONTENT OF FIBER

¹Popova G.A., ²Polyakova O.I., ¹Knyazeva N.V., ¹Rogalskaya N.B., ¹Trofimova V.M.

¹Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the Siberian Federal Scientific Center of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Tomsk, Russia

²National Research Tomsk State University
Tomsk, Russia

The paper presents the results of creating a material for obtaining an early ripening variety of fiber flax for cultivation in Siberia, characterized by high-quality fiber and a high degree of adaptability to external environmental factors, resistance to lodging and diseases. Twelve promising hybrids were studied, the maternal lines of which were represented by Tomsk varieties Tomskiy 16, Tomskiy 17, Tomskiy 18 and TOST 5, and the paternal lines – by Belgian selection varieties Marilyn, Suzanne and Hermes. Field studies were carried out in the subtaiga zone of Tomsk region and were preceded by spring and winter grain crops. Natural and climatic conditions corresponded to the needs of fiber flax for the cultivation of early and mid-ripening varieties. The resulting hybrid material was sown from 2013 in a selection nursery by pit planting on a specially prepared soil with a feeding area of 2.5 × 2.5 cm. In 2017–2019 hybrid lines were kept in nurseries of the second and third years of breeding. The hybrid lines' potential was studied during the years which were different by meteorological conditions. Based on the results of this work, three tall hybrids were identified that had statistically

significant differences with Tomskiy 16 standard and exceeded it by 5.8–7.6 cm in total height and 4.4–9.5 cm in the technical length of the stem. Nine hybrids showed high fiber content, exceeding the standard by 2.8–4.2%. These promising hybrid lines of fiber flax are recommended for use in the breeding process for high rates of maturity, productivity, fiber quality, adaptability to external environmental factors and resistance to lodging and diseases.

Keywords: fiber flax (*Linum usitatissimum* L. f. *elongata*), selection, hybrid lines, productivity, fiber, seeds

Для цитирования: Попова Г.А., Полякова О.И., Князева Н.В., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М. Перспективные высоковолокнистые гибридные линии льна-долгунца // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 37–45. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-4>

For citation: Popova G.A., Polyakova O.I., Knyazeva N.V., Rogalskaya N.B., Trofimova V.M. Promising hybrid lines of fiber flax with high content of fiber. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 37–45. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Основное направление современной селекции льна-долгунца – создание сортов интенсивного типа, обладающих повышенной фотосинтетической активностью и способных наиболее полно использовать почвенное плодородие и создаваемый высокий агротехнический фон¹ [1, 2]. Главной задачей продолжает оставаться выведение высокопродуктивных сортов с повышенной урожайностью семян и высоким содержанием волокна прядильного качества, устойчивых к полеганию и основным патогенам^{2,3} [3–7]. Актуальна проблема повышения качества волокна [8]. В настоящее время проводится активная селекционная работа по льну-долгунцу, в результате которой создан генофонд ценных признаков и многочис-

ленные сорта для возделывания в определенных почвенно-климатических условиях (см. сноску 1)⁴.

В Сибири первые селекционные работы по льну-долгунцу проведены В.Е. Писаревым в 1915 г. (Тулунская сельскохозяйственная опытная станция)⁵. С созданием в 1937 г. Томской зональной льняной опытной станции – филиала Всероссийского научно-исследовательского института льна, начались более широкие исследования по возделыванию льна-долгунца в Западной Сибири. Селекционная работа заключалась в создании новых сортов, сочетающих в себе высокие показатели урожайности соломки, содержания волокна и семенной продуктивности. Селекционерами Н.А. Кондаковым и О.А. Кондаковой созданы среднеспелые сорта Томский 9 и Томский 10, длительное

¹Хамутовский П.Р., Каргопольцев Л.Н., Хамутовская Е.М. и др. Методы создания исходного материала и результаты селекции льна-долгунца // РУП «Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларуси» URL: <https://mogilevoshos.by/stati/metodyi-sozdaniya-isxodnogo-materiala-i-rezultatyi-selekcii-lna-dolguncza> (дата обращения 12.02.2020).

²Хамутовский П.Р., Каргопольцев Л.Н., Хамутовская Е.М. и др. Методы создания исходного материала и результаты селекции льна-долгунца // Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию томской школы селекции льна-долгунца. ФАНО, СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН. Томск: ООО «Графика». 2017. С. 20–28.

³Степин А.Д., Рысева Т.А., Уткина С.В. Результаты работы по селекции льна в Псковском НИИСХ // Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию томской школы селекции льна-долгунца. ФАНО, СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН. Томск: ООО «Графика». 2017. С. 38–42.

⁴Брач Н.Б., Кутузова С.Н., Пороховинова Е.А. Коллекция ВИР как источник генетического разнообразия для селекционного улучшения сортов // Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию ВНИИЛ льна. Торжок, 2000. С. 26–27.

⁵Попова Г.А., Мичкина Г.А., Рогальская Н.Б. и др. Перспективные гибриды льна-долгунца томской селекции // Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию томской школы селекции льна-долгунца. ФАНО, СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН. Томск: ООО «Графика», 2017. С. 47–52.

время признававшимися лучшими в Советском Союзе по содержанию волокна.

Последующая работа под руководством А.П. Крепкова была направлена на создание раннеспелых сортов с оптимальным выходом качественного волокна и семян, устойчивых к условиям континентального климата. Сорта Томский 16, Томский 17, Томский 18, ТОСТ, ТОСТ 3 (среднеспелый), ТОСТ 4, ТОСТ 5 отличаются раннеспелостью, хорошим содержанием и качеством волокна, устойчивостью к полеганию и болезням. В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации, включены сорта Памяти Крепкова (2012 г.), Томич (2017 г.) и Томич 2 (2019 г.)⁶.

Современные технологии переработки льняного волокна требуют продолжения работы по созданию сибирского генофонда льна, позволяющего увеличить совмещенную продуктивность сортов по семенам и волокну [9, 10]. Включение в селекцию внутривидового разнообразия льна целесообразно и перспективно [11, 12]. Это позволяет выводить сорта, сочетающие повышенное содержание волокна с хорошей семенной продуктивностью, приспособленные к новым технологиям переработки. При выведении мультилинейных сортов комбинируют большое число линий (12–16) с различными генами устойчивости в одну популяцию растений, которая используется как сорт [11]. Новые сорта наряду с высоким генетическим потенциалом продуктивности должны обладать устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, иммунитетом и другими качествами [13]. В экстремальных климатических условиях они должны формировать достаточно высокий и стабильный урожай за счет функционирования компенсаторных механизмов [14, 15].

Цель исследования – создать новый гибридный материал льна-долгунца для получения продуктивного раннеспелого сорта,

пригодного для возделывания в Сибири, отличающегося качественным волокном, высокой степенью адаптивности к внешним факторам среды, устойчивостью к полеганию и болезням.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проводили на опытном поле Богашевского подразделения Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства и торфа – филиала Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук (СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН), находящегося в подтаежной зоне Томской области⁷ [16]. Почвы – серые лесные среднеподзоленные среднесуглинистые. Реакция почвенного раствора слабокислая, содержание гумуса в пахотном горизонте достигает 5%. Обеспеченность почвы подвижным фосфором и обменным калием достаточная для культуры льна-долгунца⁸. Предшественник – яровые и озимые зерновые культуры.

Природно-климатические условия соответствовали потребностям льна-долгунца при возделывании ранне- и среднеспелых сортов [3, 17]. Сумма среднесуточных температур выше 10 °С равна 1700°, количество осадков за вегетационный период 200–220 мм, гидротермический коэффициент Т.К. Селянинова (ГТК) 1,1–1,6. Температурный режим вегетационного периода определяется континентальностью климата. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 115 дней.

Метеоусловия в годы исследований отличались разнообразием. Вегетационный период 2017 г. можно охарактеризовать как переувлажненный, оценка влагообеспеченности по ГТК составила 1,5. Вегетационный период 2018 г. – умеренно увлажненный с недостатком тепла, ГТК составил 1,33,

⁶Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (сорта растений). URL: http://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2019/07/REESTR_2019-3.pdf Дата обращения 25.01.2020.

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

⁸Соловьева Т.П., Попова Г.А., Калиниченко В.А. Серые лесные почвы сопряженных ландшафтов // Вопросы географии Сибири Русское географическое общество. Томский отдел, Томский государственный университет. Томск. 2003. Вып. 25. С. 163–165.

2019 г. – умеренно засушливый, ГТК = 0,87⁹. Метеорологические условия не всегда соответствовали оптимальным, что позволило наиболее полно оценить потенциал гибридных линий.

Основной метод селекции льна-долгунца – гибридизация в сочетании с планомерным целенаправленным индивидуальным отбором. Данная работа проведена по общепринятым методикам¹⁰. Отбор гибридного материала проведен методом «педигри» (родословных), основанном на многократном индивидуальном отборе и постоянной проверке отобранных растений по потомству в расщепляющихся гибридных поколениях. Оценку и отбор осуществляли в системе питомников по пятилетней схеме (см. сноску 10). При оценке гибридного материала за стандарт принят районированный сорт Томский 16.

Полевые исследования проводили в 2017–2019 гг. в питомнике создания гибридного материала. Высевали 12 перспективных гибридов, полученных от скрещивания трех сортов льна-долгунца бельгийской селекции и четырех местных сортов. Бельгийские сорта (Мерилин, Сюзанна, Гермес) отобраны как доноры по волокнистой продуктивности и качеству волокна в исследовании, проведенном в 2012–2013 гг. в коллекционном питомнике [13, 17, 18]. В качестве материнской линии использовали томские сорта Томский 16 (Т-16), Томский 17 (Т-17), Томский 18 (Т-18) и ТОСТ 5. Гибридные линии с 2013 г. высевали в луночном питомнике отбора на специально подготовленном выровненном фоне с площадью питания 2,5 × 2,5 см. В 2017–2019 гг. гибридные линии выращивали в питомниках второго и третьего года селекции, с 2020 г. переведены в контрольный питомник.

Нормальность распределения признаков проверяли с помощью теста Колмогорова-Смирнова. Для сравнения морфологических признаков гибридов применяли однофак-

торный дисперсионный анализ и тест Дункана.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При обосновании выбора оптимальной модели сорта льна-долгунца для условий континентального климата А.П. Крепков (2000 г.) выделил определяющие морфологические признаки растения, связанные с содержанием и качеством волокна: высота растения, техническая длина и толщина стебля, размер метелки и другие.

Для всех почвенно-климатических зон в идеале растение льна-долгунца высотой 100 см и выше [9]. В модели сорта для условий Западной Сибири общая высота растений должна достигать 95 см. Изучаемые гибриды в среднем имели данный показатель 72 см (см. табл. 1). По общей высоте статистически значимые различия сорт-стандарт Томский 16 имел с четырьмя гибридами, из них три (Г-4960₁₆, Г-4954₃, Г-4988₁) превышали стандарт на 5,8–7,6 см и один (Г-4934₄) был меньше на 7 см (см. табл. 1).

В переработку на волокно используют техническую часть стебля (от семядольных листочков до первой веточки соцветия). В модели сорта определили техническую длину в 85 см. Средний показатель составил 64,2 см [9]. По технической длине стебля гибриды Г-4960₁₆, Г-4988₁ и Г-4947₁₇ имели статистически значимые различия со стандартом Томский 16 и превышали его на 4,4–9,5 см (см. табл. 1).

При отборе высокопродуктивных по семенам линий увеличивается длина соцветия, снижается длина технической части стебля, утолщается его диаметр, в итоге уменьшается выход высококачественного и наиболее ценного длинного волокна [9]. Установлен оптимальный вариант семенной продуктивности 6 коробочек на одно растение. Среднее значение коробочек 3,1 шт./растение. Гибрид Г-4954₃ статистически значимо превышал стандарт Томский 16 на 2,3 шт./растение (см. табл. 1).

⁹Погода и климат // On-line справочник. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=29430> (дата обращения: 15.10.2019).

¹⁰Павлова Л.Н. Методические указания по селекции льна-долгунца. М.: ВНИИЛ, 2004. 42 с.

Табл. 1. Морфологическая оценка перспективных гибридов луночного питомника второго и третьего года селекции (среднее за 2017–2019 гг.)

Table 1. Morphological assessment of promising hybrids in the nursery with pit planting of the second and third years of selection (average for 2017–2019)

Гибрид	Гибридная комбинация	Общая высота, см	Техническая длина, см	Число коробочек, шт./растение
Томский 16		70,6 <i>bcd</i>	62,5 <i>bc</i>	2,8 <i>ab</i>
Г-4934 ₄	Т-16*Мерилин	63,6 <i>a</i>	56,1 <i>a</i>	2,6 <i>ab</i>
Г-4939 ₈	Т-16*Сюзанна	71,7 <i>cde</i>	65,5 <i>cdef</i>	2,4 <i>a</i>
Г-4941 ₂₇	Т-16*Гермес	73,1 <i>cdef</i>	65,7 <i>cdef</i>	2,6 <i>ab</i>
Г-4945 ₃	Т-17*Сюзанна	66,4 <i>ab</i>	56,5 <i>a</i>	3,1 <i>ab</i>
Г-4947 ₁₇	Т-17*Мерилин	75,4 <i>defg</i>	67,0 <i>ef</i>	2,5 <i>ab</i>
Г-4950 ₁	Т-17*Гермес	68,8 <i>bc</i>	63,2 <i>bcd</i>	3,3 <i>ab</i>
Г-4954 ₃	Т-18*Мерилин	76,7 <i>fg</i>	66,7 <i>def</i>	5,2 <i>c</i>
Г-4960 ₁₆	Т-18*Гермес	78,3 <i>g</i>	72,1 <i>g</i>	2,2 <i>a</i>
Г-5069 ₁	Т-18*Сюзанна	73,6 <i>cdefg</i>	65,2 <i>cdef</i>	4,1 <i>bc</i>
Г-4978 ₂	ТОСТ 5*Мерилин	71,8 <i>cde</i>	64,3 <i>bcde</i>	3,4 <i>ab</i>
Г-4982 ₅	ТОСТ 5*Сюзанна	69,2 <i>bc</i>	61,4 <i>b</i>	2,7 <i>ab</i>
Г-4988 ₁	ТОСТ 5*Гермес	76,5 <i>efg</i>	68,4 <i>f</i>	2,6 <i>ab</i>
	Среднее	72,0	64,2	3,1
	НСР ₀₅	5,77	4,56	1,56

*Здесь и в табл. 2 буквы *a, b, c, d, e, f, g* показывают наличие статистически значимых отличий между гибридами и стандартом по результатам однофакторного дисперсионного анализа, тест Дункана ($p < 0,05$); совпадающие буквы указывают на отсутствие статистически значимых отличий.

Волокнистую продуктивность льна-долгунца определяет процентное содержание волокна в стеблях льна, которое характеризуется массой технической части стеблей одного растения и количеством волокна, содержащегося в нем.

При формулировке модели сорта А.П. Крепков (2000 г.) отмечал, что масса технической части стебля должна составлять 600–700 мг. По данным исследований, средний показатель массы технической части стебля составил 326 мг. По массе технической части одного растения и его волокна гибрид Г-4954₃ статистически значимо превышает стандарт Томский 16 на 173 и 51 мг соответственно и является лидером среди гибридов по данным признакам.

Сорта томской селекции отличаются высоким содержанием волокна (30–35%), в

отдельных гибридных линиях содержание волокна достигает 40–42%. По результатам оценки волокнистой продуктивности изучаемого материала в стеблях девяти гибридных линий (Г-4934₄, Г-4939₈, Г-4941₂₇, Г-4945₃, Г-4947₁₇, Г-4950₁, Г-4960₁₆, Г-4978₂, Г-4988₁) статистически значимо превышены показатели стандарта Томский 16. Данные линии имели параметры от 36,9 до 38,3% (см. табл. 2).

Селекция зерновых культур сосредоточена на выращивании низкорослых сортов из-за уязвимости к полеганию [19, 20]. 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 [21]. По результатам трехлетних на-

Табл. 2. Результаты оценки волокнистой продуктивности перспективных гибридов луночного питомника второго, третьего года селекции (среднее за 2017–2019 гг.)**Table 2.** Assessment results of the fibrous productivity of promising hybrids in the nursery with pit planting in the second and third years of selection (average for 2017–2019)

Гибрид	Гибридная комбинация	Масса технической части стебля, мг	Масса волокна одного растения, мг	Содержание волокна, %
Томский 16		295 <i>a</i>	99 <i>a</i>	34,1 <i>a</i>
Г-4934 ₄	Т-16* Мерилин	256 <i>a</i>	94 <i>a</i>	37,5 <i>cde</i>
Г-4939 ₈	Т-16*Сюзанна	336 <i>a</i>	122 <i>ш</i>	36,9 <i>de</i>
Г-4941 ₂₇	Т-16*Гермес	296 <i>a</i>	110 <i>a</i>	37,9 <i>de</i>
Г-4945 ₃	Т-17*Сюзанна	247 <i>a</i>	92 <i>a</i>	37,5 <i>cde</i>
Г-4947 ₁₇	Т-17*Мерилин	345 <i>a</i>	128 <i>ab</i>	37,2 <i>cde</i>
Г-4950 ₁	Т-17*Гермес	353 <i>a</i>	129 <i>ab</i>	38,1 <i>de</i>
Г-4954 ₃	Т-18*Мерилин	468 <i>b</i>	150 <i>b</i>	34,3 <i>ab</i>
Г-4960 ₁₆	Т-18*Гермес	342 <i>a</i>	128 <i>ab</i>	38,3 <i>e</i>
Г-5069 ₁	Т-18*Сюзанна	353 <i>a</i>	118 <i>ab</i>	34,5 <i>ab</i>
Г-4978 ₂	ТОСТ 5*Мерилин	325 <i>a</i>	115 <i>ab</i>	36,2 <i>bcd</i>
Г-4982 ₅	ТОСТ 5*Сюзанна	274 <i>a</i>	97 <i>a</i>	35,7 <i>abc</i>
Г-4988 ₁	ТОСТ 5*Гермес	347 <i>a</i>	128 <i>ab</i>	37,3 <i>cde</i>
	Среднее	326	116	36,6
	НСР ₀₅	127	40	2,12

блюдений выделились три высокорослых гибрида: Г-4954₃, Г-4960₁₆, Г-4988₁. Гибриды Г-4960₁₆ и Г-4988₁ – комбинация Гермеса и томских сортов Томский 18 и ТОСТ 5. У гибрида Г-4954₃ в качестве материнской линии использован высоковолокнистый раннеспелый сорт Томский 18, отцовской – сорт Мерилин. Гибрид Г-4954₃ по большинству исследуемых морфологических признаков (общая высота, масса соломки и волокна) превосходил стандарт и остальные гибриды, но по процентному содержанию волокна статистически значимо не отличался от стандарта Томский 16.

В 2015 г. исследователями отмечено значение волокон в устойчивости растения [22] и обнаружена корреляция между прочностью стебля и содержанием в нем волокна [23]. Следовательно, в селекционной работе при создании новых сортов, кроме выхода волокна, необходимо учитывать содержание ксилемы. Одновременно с содержанием волокна в стебле его механические свойства могут быть использованы для повышения устойчивости к полеганию [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенной работы выделены три высокорослых гибрида, имевшие статистически значимые различия со стандартом Томский 16 и превышающие его на 5,8–7,6 см по общей высоте и на 4,4–9,5 см по технической длине стебля. Девять гибридов показали высокое содержание волокна, превышая стандарт на 2,8–4,2%.

На последующих этапах селекционного процесса перспективные гибриды льна-долгунца будут проходить оценку на скороспелость, продуктивность, качество волокна и высокую степень адаптивности к внешним факторам среды, устойчивость к полеганию и болезням, пригодность для возделывания в Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попова Г.А., Крепков А.П. Характеристика продуктивности скороспелых сортов льна-долгунца по их морфофизиологическим параметрам // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2005. № 3 (157). С. 31–34.
2. Клячина С.Л. Лен-долгунец: монография. М.: ООО Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2012. 160 с.

3. Мичкина Г.А., Попова Г.А., Рогальская Н.Б., Князева Н.В., Трофимова В.М. Новый сорт льна-долгунца Томич 2 // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 1. С. 44–50. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-1-6.
4. 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. Vol. 68. P. 184–192. DOI: 10.2478/prolas-2014-0022.
5. Spielmeier W., Lagudah E., Mendham S.N., Green A.G. Inheritance of resistance to flax wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. lini Schlecht) in a doubled haploid population of *Linum usitatissimum* L. // Euphytica. 1998. Vol. 101. P. 287–291. DOI: 10.1023/A:1018353011562.
6. Rashid K., Duguid S. Inheritance of resistance to powdery mildew in flax // Canadian Journal of Plant Pathology. 2005. Vol. 27. P. 404–409. DOI: 10.1080/07060660509507239.
7. Rashid K.Y. Evaluation of components of partial resistance to rust in flax // Canadian Journal of Plant Pathology. 1991. Vol. 13. P. 212–217. DOI: 10.1080/07060669109500932.
8. 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.
9. Крепков А.П. Селекция льна-долгунца в Сибири: монография. Томск: Томский университет, 2000. 186 с.
10. Foster R., Pooni H.S., Mackay I.J. Quantitative analysis of *Linum usitatissimum* crosses for dual-purpose traits // The Journal of Agricultural Science. 1998. Vol. 131. P. 285–292. DOI: 10.1017/S0021859698005917
11. Кутузова С.Н. Генетика льна // Генетика культурных растений: лен, картофель, морковь, зеленые культуры, гладиолус, яблоня, люцерна. СПб.: ВИР, 1998. С. 6–52
12. Кутузова С.Н. Генетические основы селекции льна на устойчивость к ржавчине: монография. СПб., ВИР, 2014. 172 с.
13. Попова Г.А., Мичкина Г.А., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М. Оценка сортов льна-долгунца белорусской и бельгийской селекции в условиях Томской области // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 9. С. 20–22.
14. Гончаров П.Л., Гончаров Н.П. Методические основы селекции растений: монография. Новосибирск: Новосибирский университет, 1993. 312 с.
15. Гончаров Н.П., Гончаров П.Л. Методические основы селекции растений: монография. 2-е изд. испр. и доп. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2009. 427 с.
16. Азьмука Т.И. Ресурсы климата. Природные ресурсы Томской области. Томск: издательство Томского университета, 1991. С. 83–103.
17. Попова Г.А., Мичкина Г.А., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М. Белорусские и бельгийские сорта льна-долгунца в условиях Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 3. С. 32–37.
18. Попова Г.А., Мичкина Г.А., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М., Брач Н.Б. Использование мировых генетических ресурсов коллекции ВИР в создании сортов томской селекции // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2015. Т. 176. № 1. С. 76–87. DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-76-87.
19. Crook 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.
20. 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.
21. 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. 2019. Vol. 10. P. 411. DOI: 10.3389/fpls.2019.00411.
22. Bourmaud A., Gibaud M., Lefeuvre A., Morvan C., Baley Ch. Influence of the morphology characters of the stem on the lodging resistance of Marilyn flax // Industrial Crops and Products. 2015. Vol. 66. P. 27–37. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.11.047.
23. Gibaud M., Bourmaud A., Baley C. Understanding the lodging stability of green flax stems; The importance of morphology and fiber stiffness // Biosystems Engineering. 2015. Vol. 137. P. 9–21. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2015.06.005.

REFERENCES

1. Popova G.A., Krepkov A.P. Productivity characteristics of early ripening varieties of flax by their morphophysiological parameters. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2005, vol. 3 (157), pp. 31–34. (In Russian).
2. Klyachina S.L. *Fiber flax*. Moscow, Editorial board Achievements of Science and Technology of AIC, 2012, 160 p. (In Russian).
3. Michkina G.A., Popova G.A., Rogal'skaya N.B., Knyazeva N.V., Trofimova V.M. The new variety of fiber flax Tomich 2. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49 (1), pp. 44–50. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-1-6.
4. 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, vol. 68, pp. 184–192. DOI: 10.2478/prolas-2014-0022.
5. Spielmeier W., Lagudah E., Mendham S.N., Green A.G. Inheritance of resistance to flax wilt (*Fusarium oxysporum* f.sp. lini Schlecht) in a doubled haploid population of *Linum usitatissimum* L. *Euphytica*. 1998, vol. 101, pp. 287–291. DOI: 10.1023/A:1018353011562.
6. Rashid K., Duguid S. Inheritance of resistance to powdery mildew in flax. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2005, vol. 27, pp. 404–409. DOI: 10.1080/07060660509507239.
7. Rashid K.Y. Evaluation of components of partial resistance to rust in flax. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 1991, vol. 13, pp. 212–217. DOI: 10.1080/07060669109500932.
8. Pavlov A.V., Brach N.B., Porokhovina E.A., Kutuzova S.N. Fiber flax accessions of Chinese breeding as sources of valuable agronomic characters. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2015, vol. 176 (1), pp. 68–75. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-68-75.
9. Krepkov A.P. *Breeding of fiber flax in Siberia*. Tomsk, Tomsk university, 2000. 186 p. (In Russian).
10. Foster R., Pooni H.S., Mackay I.J. Quantitative analysis of *Linum usitatissimum* crosses for dual-purpose traits. *The Journal of Agricultural Science*, 1998, vol. 131, pp. 285–292. DOI: 10.1017/S0021859698005917.
11. Kutuzova S.N. Genetics of flax. *Genetics of cultivated plants: flax, potatoes, carrots, green crops, gladiolus, apple trees, alfalfa*, St. Petersburg, VIR, 1998, pp. 6–52. (In Russian).
12. Kutuzova S.N. *The genetic bases of flax breeding for rust resistance*. St. Petersburg, VIR, 2014, 172 p. (In Russian).
13. Popova G.A., Michkina G.A., Rogal'skaya N.B., Trofimova V.M. Evaluation of flax varieties of Byelorussian and Belgian origin in conditions of Tomsk area. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2014, vol. 9, pp. 20–22. (In Russian).
14. Goncharov P.L., Goncharov N.P. *Methodical basis of plant breeding*. Novosibirsk, Novosibirsk University, 1993. 312 p. (In Russian).
15. Goncharov N.P., Goncharov P.L. *Methodical basis of plant breeding*. 2nd ed. Novosibirsk, «Geo», 2009, 427 p. (In Russian).
16. Azmuka T.I. *Climate resources. Natural resources of the Tomsk region*. Tomsk: Pub. house Tomsk university, 1991. pp. 83–103. (In Russian).
17. Popova G.A., Michkina G.A., Rogal'skaya N.B., Trofimova V.M. Byelorussian and Belgian fiber flax varieties in Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2014, vol. 3, pp. 32–37. (In Russian).
18. Popova G.A., Michkina G.A., Rogal'skaya N.B., Trofimova V.M., Brach N.B. Involvement of worldwide flax genetic resources from VIR's collection in the development of cultivars in Tomsk. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2015, vol. 176 (1), pp. 76–87. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-76-87.
19. Crook 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, pp. 167–174. DOI: 10.1017/S0021859600068428.
20. Oladokun M. Structural development and stability of rice *Oryza sativa* L. var. Nerica 1. *J. Exp. Bot.* 2006, vol. 57, pp. 3123–3130. DOI: 10.1093/jxb/erl074.
21. Goudenhooff C, Bourmaud A, Baley C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) Fibers for Composite Reinforcement: Exploring the Link Between Plant Growth, Cell Walls Development, and Fi-

- ber Properties. *Frontiers in Plant Science*. 2019, vol. 10, 411 p. DOI: 10.3389/fpls.2019.00411
22. Bourmaud A., Gibaud M., Lefeuvre A., Morvan C., Baley Ch. Influence of the morphology characters of the stem on the lodging resistance of Marilyn flax. *Industrial Crops and Products*, 2015, vol. 66, pp. 27–37. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.11.047.
23. Gibaud M., Bourmaud A., Baley C. Understanding the lodging stability of green flax stems. The importance of morphology and fiber stiffness. *Biosystems Engineering*, 2015, vol. 137, pp. 9–21. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2015.06.005.

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: popovag@sibmail.com, Sibniit@mail.tomsknet.ru

Полякова О.И., старший преподаватель, e-mail: polyakova_olga93@mail.ru

Князева Н.В., младший научный сотрудник; e-mail: knjaziha@sibmail.com

Рогальская Н.Б., старший научный сотрудник; e-mail: popovag@sibmail.com

Трофимова В.М., научный сотрудник; e-mail: popovag@sibmail.com

AUTHOR INFORMATION

✉ **Galina A. Popova**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 3, Gagarina St., Tomsk, 634050, Russia; e-mail: popovag@sibmail.com, Sibniit@mail.tomsknet.ru

Olga I. Polyakova, Senior Lecturer, e-mail: polyakova_olga93@mail.ru

Natalia V. Knyazeva, Junior Researcher; e-mail: knjaziha@sibmail.com

Nina B. Rogalskaya, Senior Researcher; e-mail: popovag@sibmail.com

Vera M. Trofimova, Researcher; e-mail: popovag@sibmail.com

Дата поступления статьи 26.10.2020

Received by the editors 26.10.2020