

Оценка перспективных линий льна-долгунца селекционного сортоиспытания по основным хозяйственно ценным признакам и адаптивности

© 2022. А. Д. Степин , М. Н. Рысев, Т. А. Рысева, С. В. Уткина

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

Цель исследований – комплексная оценка перспективных линий льна-долгунца по основным хозяйственно ценным признакам и адаптивности на основе результатов селекционного сортоиспытания в условиях Северо-Западного региона РФ. Исследования проводили в условиях Псковской области в 2016-2019 годах на дерново-слабоподзолистой легкосуглинистой хорошо окультуренной почве. Гидротермический коэффициент (ГТК) за период вегетации был равен в 2016 году – 1,98, 2017 – 1,60, 2018 – 0,95 и в 2019 году – 1,44. Абиотические условия года оказали наибольшее достоверное влияние при 5%-ном уровне значимости на формирование высоты растений (79,2 %), урожайности льносемян (83,6 %), льносоломы (78,0 %) и льноволокна (68,5 %), продолжительность вегетационного периода (58,3 %). Доля генотипа преобладала в формировании содержания волокна в стебле (75,0 %). Вариабельность была наибольшей по урожайности льносемян ($CV = 26,4...34,1$ %); преимущественно средней – по урожайности льносоломы и льноволокна ($CV = 11,3...21,5$ %) и слабой – по остальным признакам ($CV = 1,5...10,5$ %). На основании результатов исследований по комплексу хозяйственно ценных признаков выделены 3 лучшие линии, представляющие практический интерес: П-4382-3-2 ф-3, П-4453 ц-6 и П-4629 ш-1. Все они относятся к раннеспелым (вегетационный период 77...79 суток), устойчивы к полеганию (4,1...4,7 балла) и фузариозному увяданию (86,5...93,3 %), высокорослые (78...82 см), имеют урожайность льносоломы (50,2...51,0 ц/га) и льносемян (5,9...6,9 ц/га) на уровне стандартного сорта Восход. Отличаются высокой волокнистостью (35,9...39,6 %) и урожайностью льноволокна (18,4...19,9 ц/га), превзошли стандарт на 2,5...5,9 % (абс.) и 7,6...17,0 % соответственно. Исходя из комплексной оценки селекционного материала по продуктивности и параметрам адаптивности, с использованием принципа ранжирования, эти же генотипы являются наиболее приспособленными к почвенно-климатическим условиям Северо-Западного региона, как набравшие наименьшие суммы рангов. Использование их в селекционных программах будет способствовать созданию новых сортов, обеспечивающих получение высоких и стабильных урожаев льнопродукции хорошего качества.

Ключевые слова: *Linum usitatissimum* L., сорт, линия, урожайность, волокно, семена, качество, пластичность, стабильность, адаптивность, стрессоустойчивость

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2019-0009).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Степин А. Д., Рысев М. Н., Рысева Т. А., Уткина С. В. Оценка перспективных линий льна-долгунца селекционного сортоиспытания по основным хозяйственно ценным признакам и адаптивности. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(4):450-462. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.450-462>

Поступила: 13.04.2022

Принята к публикации: 23.06.2022

Опубликована онлайн: 25.08.2022

The assessment of promising fiber flax lines of breeding variety testing according to the main agronomic traits and adaptability

© 2022. Aleksander D. Stepin , Michail N. Rysev, Tamara A. Ryseva,

Svetlana V. Utkina

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

The purpose of the research is a comprehensive assessment of promising lines of fiber flax according to the main agronomic traits and adaptability based on the results of breeding variety testing in the conditions of the North-Western region of the Russian Federation. The research was carried out in the conditions of Pskov region in 2016-2019 on sod-weakly podzolic light loamy well-cultivated soil. The hydrothermal coefficient (HTC) for the growing season was in 2016 – 1.98, in 2017 – 1.60, in 2018 – 0.95 and in 2019 – 1.44. Abiotic conditions of the year had the greatest significant impact at 5 % significance level on the formation of plant height (79.2 %), the yield of flax seeds (83.6 %), flax straw (78.0 %) and flax fiber (68.5 %), the duration of the growing season (58.3 %). The share of the genotype prevailed in the formation of the fiber content in the stem (75.0 %). Variability was greatest in the yield of flax seeds ($CV = 26.4...34.1$ %); mainly average – in the yield of flax straw and flax fiber ($CV = 11.3...21.5$ %) and weak – in other characteristics ($CV = 1.5...10.5$ %). Based on the results of the research according to the complex of agronomic traits, three best lines of practical interest have been identified: P-4382-3-2 f-3, P-4453 c-6 and P-4629 sh-1. All of them belong to early ripening (the growing season is 77...79 days), are resistant to lodging (4.1...4.7 points) and fusarium wilting (86.5...93.3 %), tall (78...81 cm), have the yield of flax straw (50.2...51 c/ha) and flax seeds (5.9...6.9 c/ha) at the level of standard variety Voskhod. They are characterized by high fiber

content (35.9...39.6 %) and flax fiber yield (18.4...19.9 c/ha), exceeded the standard by 2.5...5.9 % (abs.) and 7.6...17 %, respectively. Based on a comprehensive assessment of the breeding material according to productivity and adaptability parameters, using the ranking principle, the same genotypes are the most adapted to the soil and climatic conditions of the North-Western region, as having scored the lowest amounts of ranks. Their use in breeding programs will contribute to the development of new varieties that ensure high and stable yields of flax products of good quality.

Keywords: *Linum usitatissimum* L., variety, line, yield, fiber, seeds, quality, plasticity, stability, adaptability, stress resistance

Acknowledgements: 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 Research Center for Bast Fiber Crops (theme No. FGSS-2019-0009).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Stepin A. D., Rysev M. N., Ryseva T. A., Utkina S. V. The assessment of promising fiber flax lines of breeding variety testing according to the main agronomic traits and adaptability. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(4):450-462. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.450-462>

Received: 13.04.2022

Accepted for publication: 27.06.2022

Published online: 25.08.2022

Лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.) является важной технической культурой в Российской Федерации, продукция которого (волокно, семена, треста) широко используется в различных отраслях экономики: текстильной, пищевой, фармацевтической, строительной, химической промышленности, военно-промышленном комплексе и других отраслях индустрии [1, 2, 3]. Несмотря на то, что его посевы в последние десятилетия значительно сократились, льноволокно по-прежнему остается основным источником натуральных волокон в России. По данным Министерства сельского хозяйства РФ, потребности внутреннего рынка в льноволокне не удовлетворяются. Ежегодно производится 40...45 тыс. тонн льноволокна, тогда как требуется в 2,5...3,0 раза больше¹ [4, 5].

В решении проблемы обеспечения страны конкурентным льносырьем важная роль отводится селекции, направленной на использование биологического потенциала культуры [6]. Вклад сорта в повышение урожайности сельскохозяйственных культур за последние 30 лет оценивается в 40...80 % и в будущем роль данного фактора будет непрерывно возрастать. Считается, что чем хуже почвенно-климатические и погодные условия, тем выше роль сорта и гибрида [7, 8].

Созданные в последние годы отечественные сорта характеризуются высокой урожайностью льноволокна (20...25 ц/га) и льносемян (10...12 ц/га), хорошим качеством льноволокна, устойчивостью к полеганию и болезням. Однако в производственных условиях их биологический потенциал реализуется не более чем на 45 %, что в значительной мере обусловлено влиянием неблагоприятных факторов среды [9, 10].

Урожайность – результат сложного генотип-средового воздействия. Одним из его компонентов являются нерегулируемые факторы внешней среды, которые на 60...80 % обуславливают межгодовую вариабельность урожайности сельскохозяйственных культур, что диктует необходимость целенаправленной селекции на адаптивность к неблагоприятным погодным условиям [11, 12]. К их числу в условиях Северо-Западного региона относятся летние засухи, совпадающие с периодом быстрого роста льна-долгунца, неравномерность выпадения осадков в течение вегетационного периода, резкие перепады температур, ливневые дожди и шквалистые ветры² [13]. В связи с этим особую актуальность приобретает создание высокопродуктивных с хорошим качеством волокна, экологически пластичных сортов, устойчивых к лимитирующим урожайность факторам среды, позволяющих формировать достаточно стабильные урожаи в различных условиях произрастания [10, 13, 14, 15].

Особенностью селекции на адаптивность является контроль экологической пластичности и стабильности сортов и гибридов на всех этапах селекционного процесса [16]. Для анализа продуктивного потенциала сортов по варьированию их урожайности используется ряд методов, различающихся по степени сложности вычислений, информативности, объективности, разрешающей способности [17, 18, 19, 20]. Для более достоверной оценки предлагается использование комплекса параметров с применением принципа ранжирования [8, 20, 21]. По льну-долгунцу подобных работ крайне мало, что указывает на актуальность проведения исследований в данном направлении [10, 15, 22, 23].

¹Валовой сбор льноволокна в Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://agentstvo-len.ru/valovoy-sbor-lna-dolguntsa-v-rossiyskoy-federatsii-tys-tonn> (дата обращения: 20.03.2024).

²Агроклиматические ресурсы Псковской области. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 112 с.

Цель исследований – провести комплексную оценку сортов и перспективных линий льна-долгунца в селекционном сортоиспытании по основным хозяйственно ценным признакам и адаптивности, выделить лучшие из них для включения в селекционные программы по созданию высокопродуктивных, экологически пластичных и стабильных сортов льна-долгунца для условий Северо-Западного региона Российской Федерации.

Научная новизна исследований заключается в изучении и комплексной оценке новых перспективных линий льна-долгунца по урожайности, адаптивности и другим селекционно-значимым признакам, установлении взаимосвязей между ними и выявлении лучших из них для использования в селекционных программах по созданию высокопродуктивных сортов льна-долгунца с широким адаптивным потенциалом в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации.

Материал и методы. Исследования проводили на опытном поле обособленного подразделения Псковский НИИСХ ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» в течение 2016-2019 годов. Объектом исследований являлись сорта и перспективные линии, изучавшиеся в селекционном сортоиспытании: П-4382 ф-3 (Восход х ВИР-4); П-4453 ц-6 (Восход х П-3522); П-4625-4-8 ш-4 (Добрыня х Ритм); П-4629 ш-1 (Добрыня х П-3931) и сорт Добрыня. В качестве стандарта использовался районированный в области раннеспелый сорт Восход селекции института.

Почва опытного участка дерново-слабо-подзолистая легкосуглинистая на карбонатной морене со следующими агрохимическими показателями: $pH_{\text{сол.}}$ 5,0...5,2, содержание подвижного фосфора (P_2O_5) 190...366 мг/кг почвы и обменного калия (K_2O) 89...146 мг/кг почвы (по Кирсанову), гумуса 2,3...2,6 % (по Тюрину). Предшественник – многолетние травы. Система обработки почвы включала агротехнические приемы: осенняя обработка поля от однолетних и многолетних сорняков всех видов гербицидом сплошного действия «Торнадо-500» с нормой расхода – 1,5 л/га; зяблевая вспашка; ранневесеннее боронование;

предпосевная культивация с одновременным боронованием в 2 следа; прикатывание. Под предпосевную культивацию вносили азотфоску (16:16:16) – 1,5 ц/га. Закладку опытов, учеты и наблюдения проводили в соответствии с методическими указаниями³. Семена высевали тракторной сеялкой Саксония с междурядьями 10 см. Площадь делянки 25 м², повторность 4-кратная. Срок посева – 2 декада мая, норма высева 21 млн всхожих семян на 1 га. Уборку льна-долгунца осуществляли вручную. В лабораторных условиях вели учет урожая льносоломой и льносемян.

Льноволокно из стеблей выделяли методом тепловой мочки, качество его оценивали по стандартной методике⁴. Урожайность льна-долгунца рассчитывали на основании урожайности льносоломой и содержания льноволокна в стеблях.

В процессе статистической обработки урожайных данных оценивали показатели: коэффициент вариации (CV, %); долю влияния сорта и абиотических условий на формирование признаков продуктивности; наименьшую существенную разность (дисперсионный анализ по Б. А. Доспехову⁵); индекс условий среды (I_s); коэффициент регрессии (b_i); стабильность сорта в различных условиях среды (G_d^2) – по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell [24]; показатель стрессоустойчивости ($Y_2 - Y_1$) и генетической гибкости ($(Y_1 + Y_2)/2$) – по уравнениям A. A. Rosielle, J. Hamblin [25] в изложении А. А. Гончаренко; гомеостатичность (H_{om}) и селекционную ценность (Sc) – по В. В. Хангильдину⁶; коэффициент адаптивности (КА) – по методу Л. А. Животкова⁷; общую адаптивную способность (ОАС) – по методике А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой⁸.

Результаты и их обсуждение. Метеорологические условия 2016-2019 годов существенно различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, варьирующими в течение вегетационных периодов. Это позволило выявить генотипические особенности изучаемых образцов в различных условиях среды и дать объективную оценку сортам по продуктивности и устойчивости к неблагоприятным агрометеорологическим условиям.

³Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца: методические указания. Тверь: Тверской гос. ун-т, 2014. 140 с.

⁴Арно А. А., Гращенко М. Г., Шиков С. А. Методики технологической оценки продукции льна и конопли. М., 1961. 184 с.

⁵Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

⁶Хангильдин В. В., Бирюков С. В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях. Генетико-цитологические аспекты селекции сельскохозяйственных растений: сб. науч. тр. ВАСХНИЛ, Всесоюз. селекц.-генет. ин-т. Одесса: ВСГИ, 1984. С. 67-76.

⁷Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «Урожайность». Селекция и семеноводство. 1994;(2):3-6.

⁸Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхналогія, 1997. 372 с.

Вегетационный период 2016 года был теплым и дождливым. Среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетнюю в мае на 2,4 °С, в июне – на 1,1 °С, в июле – на 0,4 °С и в августе – на 0,2 °С. За вегетационный период выпало 403 мм осадков, что в 1,3 раза превысило норму. Гидротермический коэффициент по Селянину, который является интегральным показателем оценки влагообеспеченности растений, составил 1,98, что указывает на избыточное увлажнение. Ливневые дожди на протяжении, практически, всего периода вегетации привели к частичному полеганию посевов (устойчивость к полеганию в разрезе испытываемых сортов и линий колебалась в пределах 4,2...5,0 баллов), что негативно отразилось на урожайности льносолом и содержании льноволокна в ней.

Вегетационный период 2017 года был относительно прохладным и с достаточным количеством осадков (ГТК = 1,60). Среднесуточная температура воздуха в мае была на 1,5 °С, в июне – на 1,9 °С, в июле – на 2,1 °С ниже средней многолетней. За май-август выпало 282,6 мм осадков при норме 317 мм (89,1 %). Такие погодные условия задерживали развитие льна-долгунца. Однако, в целом, умеренно теплая с достаточным количеством осадков в фазу быстрого роста льна погода способствовала нарастанию вегетативной массы и формированию волокна в льносоломе. Лён был высокорослым (86...89 см), с высоким содержанием волокна, что обеспечило получение хорошего урожая льноволокна.

Период вегетации (май-август) 2018 года характеризовался повышенным температурным фоном и недостаточным количеством выпавших осадков. Среднесуточные температуры воздуха по месяцам превышали среднемноголетние данные на 0,5...3,6 °С, количество осадков составило 209 мм при норме – 317 мм, или 65,9 % от среднемноголетней. К тому же они носили неравномерный характер. В мае-июле наблюдался их дефицит, а в августе количество осадков выпало в норме – 94 мм. Гидротермический коэффициент по Селянину в целом за вегетационный период составил 0,95 при оптимуме 1,3...1,6⁹, что характеризует его как слабо засушливый. Все это оказало негативное влияние на формирование урожайности льнопродукции и особенно льносемян.

Погодные условия вегетационного периода 2019 года сложились недостаточно благоприятными для роста и развития льна-долгунца.

Среднесуточная температура воздуха в целом за вегетационный период составила 15,9 °С, сумма осадков – 282,6 мм, ГТК по Селянину – 1,44, что отвечает уровню среднемноголетних – соответственно 15,7 °С, 317 мм, 1,64. Вместе с тем в период вегетации они существенно варьировали. Июнь был жарким и сухим, среднесуточная температура воздуха превышала на 2,7 °С среднюю многолетнюю, а осадков выпало всего 23,6 мм, или 25,7 % от нормы. Гидротермический коэффициент за июнь составил всего 0,43, что характеризует этот период как сильно засушливый. Июль был холодным и дождливым, среднесуточная температура воздуха (16,4 °С) была на 1,9 °С ниже среднего многолетнего значения, осадков выпало 136 % от нормы. Первая декада августа также была прохладной. Создавшиеся условия задерживали развитие растений, однако существенного отрицательного влияния на формирование урожая не оказали.

Агрометеорологические условия в годы проведения исследований существенно отличались друг от друга и оказывали различное влияние на формирование отдельных селекционно-значимых признаков и, прежде всего, урожайности льна-долгунца. Исходя из величины индексов среды (I_j), представляющих собой разницу между среднегодовой урожайностью или другого признака отдельного года и средними данными по опыту, наиболее благоприятные условия для формирования урожайности льноволокна и льносолом, содержания волокна в растениях сложились в 2017 году ($I_j = +10,56; +4,12; +0,51$ соответственно). Неблагоприятные условия среды были в 2016, 2018 и 2019 годах для урожайности льносолом и льноволокна ($I_j =$ от -0,09 до -9,16), в 2018 году – для получения льносолом ($I_j = -9,16$) и льноволокна ($I_j = -3,4$). Метеоусловия 2019 года были благоприятными для формирования урожайности льносемян ($I_j = +3,02$), а в остальные годы неудовлетворительными ($I_j =$ от -0,45 до -2,48). По признаку «высота растений» благоприятные условия отмечены в 2016, 2017 и 2018 годах ($I_j = +0,9; +7,4; +2,0$ соответственно), неблагоприятные в 2019 году ($I_j = -10,6$). По признаку «вегетационный период» хорошие условия среды сложились в 2016 и 2017 годах ($I_j = +2,8; +7,4$ соответственно), неблагоприятные в 2018 и 2019 годах ($I_j = -4; -6$).

⁹Справочник льновода. М.: Россельхозиздат, 1969. 215 с.

На основании результатов двухфакторного дисперсионного анализа установлено влияние генотипа (фактор А), условий года (фактор В) и их взаимодействия (А х В) на все изучаемые признаки урожайности льна-долгунца, а также на продолжительность вегетационного периода и высоту растений (табл. 1). Наибольшее влияние на формирование большинства признаков оказали условия года, особенно на урожайность льносемян и высоту растений. Зависимость фенотипического проявления изучаемых признаков от наследственных особенностей сортообразцов была на уровне 8,77...75,04 %.

В наибольшей степени эта зависимость сказывалась на содержании льноволокна в стебле (75,04). Следует отметить, что величина урожайности и отдельных признаков у изучаемых форм в разной степени зависела от условий выращивания и наследственных особенностей сортов. При этом действие генотипа и среды было достоверным при 5%-ном уровне значимости на все признаки, тогда как влияние взаимодействия «генотип х среда» было существенным только на признаки «продолжительность вегетационного периода», «содержание волокна» и «урожайность льносолумы».

Таблица 1 – Влияние генотипа и условий года на хозяйственно ценные признаки льна-долгунца (2016-2019 гг.) /

Table 1 – Influence of genotype and conditions of the year on the agronomic traits of fiber flax (2016-2019)

Признак / Trait	Доля влияния, % / Share of influence, %		Взаимодействие факторов (А х В) / Combination of factors (A x B)	Случайная изменчивость / Random variability
	генотип (А) / genotype (A)	год (В) / year (B)		
Вегетационный период / Growing season	11,14*	58,36*	22,85*	7,74
Высота растений / Plant height	11,9*	79,17*	6,78	2,15
Содержание льноволокна / Fiber Content	75,04*	7,81*	10,43*	6,71
Урожайность льносолумы / Straw yield	11,05*	77,98*	8,67*	2,30
Урожайность льносемян / Seed yield	8,77*	83,65*	5,27	2,31
Урожайность льноволокна / Fiber productivity	18,76*	68,53*	8,95	3,76

*достоверно при $p \leq 0,05$ / statistically significant at $p \leq 0.05$

В селекционном сортоиспытании представлены перспективные линии, прошедшие многократный отбор на предыдущих этапах селекционного процесса по основным хозяйственно ценным признакам: продолжительность вегетационного периода, высота растений, урожайность льносолумы и семян, выход и качество льноволокна, устойчивость к полеганию, болезням и неблагоприятным агрометеорологическим условиям. Все сорта и линии характеризуются высокими показателями по этим признакам, но по их величине и реакции на условия среды отличаются между собой (табл. 2).

Продолжительность вегетационного периода является одним из важных хозяйственно ценных признаков льна-долгунца, который определяет возможность получения большего урожая в районах его выращивания. Все изучаемые в опыте сортообразцы относились к группе раннеспелых с длиной вегетационного периода 76...80 суток. Межсортовое варьирование (3,10...3,55 %) и внутрисортовое (7,55...9,40 %) за годы исследований были незначительными.

Продолжительность вегетационного периода на 58,36 % зависела от погодных условий, на 11,14 % – от генотипа и на 22,85 % – от взаимодействия этих факторов. По средним 4-летним данным, самый короткий вегетационный период наблюдали у стандарта Восход – 76 суток, наиболее длинный у сорта Добрыня и линии П-4625-4-8 ш-4 – 80 суток.

Важным показателем, определяющим урожайность льносолумы и волокна, является высота растений. За годы исследований она варьировала в пределах 67,8...89,2 см, а по средним данным за 4 года – 75,9...82,4 см при среднем значении по опыту 79,9 см. Степень изменчивости данного признака у всех испытываемых образцов была незначительной ($CV = 5,5...10,5 \%$). На 79,17 % она зависела от условий среды и на 11,9 % от генотипа. По результатам исследований, сорт Добрыня и сортообразцы П-4382-3-2 ф-3, П-4453 ц-6 имели высоту растений на уровне стандарта или близкую к нему (80,7...82,4 см), линии П-4625-4-8 ш-4 и П-4629 ш-1 – ниже стандарта соответственно на 4,9 и 2,3 см.

Таблица 2 – Характеристика сортов и перспективных линий льна-долгунца по селекционно-значимым признакам (в среднем за 2016-2019 годы) /

Table 2 – Characteristics of varieties and promising lines of fiber flax according to selection- significant traits (average for 2016-2019)

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>П-4382-3-2 ф-3</i>	<i>П-4453 ц-6</i>	<i>П-4625-4-8 ш-4</i>	<i>П-4629 ш-1</i>	<i>Восход, см. / Voskhod, st.</i>	<i>Добрыня / Dobrynya</i>
Высота растений, см / Plant height, cm	81,3	82,4	75,9	78,5	80,8	81,1
Вегетационный период, сут / Growing season, days	79	77	80	78	76	80
Устойчивость к полеганию, балл / Resistance to lodging, points	4,1	4,7	4,2	4,7	4,0	4,0
Устойчивость к фузариозному увяданию, % / Disease resistance, %	86,5	93,3	74,0	87,2	94,2	86,5
Урожайность, ц/га / Yield, c/ha:						
льносоломы / straw	50,8	51,0	49,0	50,2	50,4	50,6
льносемян / seed	5,9	6,9	7,6	6,7	6,7	7,6
льноволокна / fiber	19,1	18,4	17,8	19,9	17,1	18,3
Содержание льноволокна в стебле, % / Fiber content in stem, %	37,6	35,9	36,2	39,6	33,7	36,2
Крепость льноволокна, кгс / Fiber strength, kgf	25,7	23,8	24,5	23,7	21,4	23,9
Гибкость льноволокна, мм / Fiber flexibility, mm	54,2	53,0	48,5	56,3	49,6	51,4

Устойчивость к полеганию является признаком, обуславливающим пригодность сорта к механизированной уборке и обеспечивающим получение льнопродукции высокого качества. Устойчивость к полеганию оценивалась по 5-балльной шкале. Высокой устойчивостью в опыте обладали линии П-4453 ц-6 и П-4629 ш-1, которые превысили стандарт Восход (4,8) на 0,8 балла. Эти же образцы отличались и наименьшей степенью изменчивости данного признака ($CV = 11,7\%$), тогда как у других номеров она находилась в пределах $CV = 15,12...32,69\%$ (средняя и высокая степень варьирования).

Все изучаемые генотипы отличались довольно высокой степенью устойчивости к фузариозному увяданию, которое определяли в полевых условиях в период ранней желтой спелости перед уборкой (от 74,0 до 94,2 %). Лучшими в этом отношении были линия П-4453 ц-6 (93,3 %) и сорт-стандарт Восход (94,2 %), которые отличались и более высокой стабильностью данного признака по годам исследований ($CV = 4,70...6,47\%$).

Содержание льноволокна в стеблях является одним из основных показателей хозяйственной ценности сорта. Данный показатель является наиболее стабильным в процессе репродукции. Степень изменчивости

его у изучаемых образцов находилась на низком уровне ($CV = 1,59...3,10\%$). Варьирование этого признака, по данным дисперсионного анализа, зависело в основном от генотипа (75,04 %), но и влияние условий среды было значимым (7,81 %). На долю взаимодействия «генотип х среда» приходилось 10,43 %. Наибольшее содержание льноволокна в стеблях отмечено у линий П-4629 ш-1 (39,6 %) и П-4382-3-3 ф-3 (37,6 %), которые превышали стандартный сорт Восход по этому показателю на 17,5 и 22,6 % соответственно.

Основными показателями качества льноволокна являются крепость, гибкость и тонина. Чем крепче и гибче волокно, меньше его тонина тем больше из него получается чесаного волокна, прочнее и добротнее пряжа, при обработке оно легче поддается многочисленным изгибам и кручению. По средним данным за годы исследований, наиболее высокой крепостью льноволокна характеризовались линии П-4382-3-2 ф-3 – 25,7 кгс, П-4625-4-8 ш-4 – 24,5 кгс и П-4629 ш-1 – 23,7 кгс, у стандарта Восход – 21,4 кгс. Средний показатель гибкости волокна стандарта (49,6 мм) превысили линии П-4453 ц-6 (56,3 мм), П-4382-3-2 ф-3 (54,2 мм), у остальных образцов он был на уровне стандарта (48,5...51,4 мм). По тонине волокна селекционные линии, практически, не различались.

Урожайность льносоломы, по средним данным за годы исследований, у всех испытываемых образцов и стандарта находилась на одном уровне 49,0...51,0 ц/га ($HC_{05} = 2,56$ ц/га). Степень варьирования данного признака у селекционных линий за годы исследований была средней ($CV = 11,3...20,0\%$) и обуславливалась на 78,0 % условиями среды, на 11,05 % гено-типом и на 10,43 % взаимодействием факторов.

Урожайность льносемян у стандарта Восход составила 6,7 ц/га. Линия П-4453 ц-6 и сорт Добрыня достоверно превысили стандарт на 0,9 ц/га, или 13,4 %. У остальных образцов урожайность льносемян получена на уровне стандарта – 6,7...6,9 ц/га. Все сортообразцы характеризовались высокой степенью изменчивости этого признака ($CV = 26,4...34,1\%$), которая на 83,65 % определялась условиями среды.

Урожайность волокна является конечным показателем продуктивности льна-долгунца, ради которого он и возделывается. Непостоянство условий среды способствовало значительной ее вариабельности по годам исследований. Это касается урожайности льноволокна как по отдельному сорту, так и в среднем по сортам. Наибольшая средняя сортовая урожайность льноволокна у испытываемых

селекционных образцов (22,5 ц/га) получена в 2017 году при положительном индексе среды (+4,12), а наименьшая (15 ц/га) – в 2018 году при отрицательном индексе среды (-3,4), в 2019 году она составила 17,8 ц/га при $I_j = -0,63$, в 2016 году 18,3 ц/га при $I_j = -0,09$. Урожайность льноволокна сортообразцов за годы исследований (2016-2019 гг.) варьировала от 13,4 ц/га (ст. Восход, 2018 г.) до 23,9 ц/га (линия П-4629 ш-1 и сорт Добрыня, 2017 г.), по средним данным – от 17,1 до 19,9 ц/га (сорт Восход и линия П-4629 ш-1 соответственно).

Наиболее высокой средней урожайностью волокна за 2016-2019 годы характеризовались линии П-4382-3-2 ф-3 (19,1 ц/га) и П-4629 ш-1 (19,9 ц/га), превысившие стандарт Восход (17,1 ц/га) на 11,7...16,3 % соответственно. При этом у образца П-4629 ш-1 во все годы исследований прибавки урожая были достоверными, а у П-4382-3-2 ф-3 – только в неблагоприятные по индексу среды годы.

Важной характеристикой при испытании сортообразцов является оценка потенциала урожайности в благоприятных условиях и адаптивности – в жестких, посредством определения доли урожайности образца в сравнении со среднесортовой урожайностью (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность льноволокна сортов и перспективных линий льна-долгунца (2016-2019 гг.) /
Table 3 – Flax fiber yield of varieties and promising lines of fiber flax (2016-2019)

Сорт и линия / Varietal and line	Урожайность льноволокна, ц/га / Flax fiber yield, c/ha					Доля урожайности относительно среднесортовой, % / The share of yield relative to the average variety, %			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	$\bar{x}$	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
П-4382-3-2 ф-3	20,4*	22,1	16,3*	17,7*	19,1	111,5	98,2	108,7	103,8
П-4453 ц-6	19,0*	21,5	15,6*	17,3*	18,4	103,8	95,6	104,0	97,2
П-4625-4-8 ш-4	17,4	21,7	14,4*	17,7*	17,8	95,1	96,4	96,0	96,7
П-4629 ш-1	20,1*	23,9*	15,1*	20,3*	19,9	109,8	106,2	100,7	108,2
Восход, ст. / Voskhod, st.	17,1	22,1	13,4	15,6	17,1	93,4	98,2	89,4	92,9
Добрыня / Dobrynya	15,9	23,9*	15,2*	18,1*	18,3	86,9	106,2	101,0	99,5
Средняя сортовая / Average varietal	18,3	22,5	15,0	17,8	18,4	100,0	100,0	100,0	100,0
Индекс среды I_j / Environment Index	-0,09	+4,12	-3,40	-0,63	-	-	-	-	-
HC_{05} , ц/га / LSD_{05} , c/ha	1,23	1,16	0,82	1,24	-	-	-	-	-

* достоверно при $p \leq 0,05$ / * statistically significant at $p \leq 0.05$

По результатам исследований, в наиболее благоприятных условиях 2017 года лучшими по потенциалу урожайности льноволокна отмечены линия П-4629 ш-1 и сорт Добрыня (106,2 %). В относительно неблагоприятных условиях 2018 года высоким потенциалом адап-

тивности характеризовались линии П-4382-3-2 ф-3 (106,7 %) и П-4453 ц-6 (104,0 %). Ценными являются сорта, которые одновременно сочетают высокий потенциал продуктивности и адаптивности в контрастных условиях. К ним относится только один образец из 6 изу-

ченных – линия П-4629 ш-1, которая характеризовалась высоким потенциалом урожайности в благоприятный по условиям среды 2017 год (106,2 %) и адаптивности в неблагоприятные 2016, 2018, 2019 годы соответственно 109,8, 100,7, 108,2 %.

По признаку «урожайность льноволокна», как основному показателю продуктивности льна-долгунца, нами проведена более детальная оценка испытываемых образцов по адаптивности, пластичности и стабильности (табл. 4).

Таблица 4 – Параметры пластичности, стабильности и адаптивности сортов и линий льна-долгунца (2016-2019 гг.) /

Table 4 – Parameters of plasticity, stability and adaptability of flax varieties and lines (2016-2019)

Показатель / Parameter	П-4382-3-2 ф-3	П-4453 ц-6	П-4625-4-8 ш-4	П-4629 ш-1	Восход, см. / Voskhod, st.	Добрыня / Dobrynya
Коэффициент вариации (CV, %) / Coefficient of variation (CV, %)	15,8	13,5	16,8	18,1	21,5	21,5
Реализация потенциала (%) / Potential realization, %	86,4	85,6	82,0	83,7	77,4	76,5
Коэффициент пластичности (b_i) / Coefficient of plasticity (b_i)	0,78	0,92	0,96	1,12	1,18	1,17
Коэффициент стабильности (Gd^2) / Stability coefficient (Gd^2)	1,58	0,43	0,10	0,85	0,02	6,52
Коэффициент адаптивности (КА) / Coefficient of adaptability (AS)	1,04	1,00	0,99	1,09	0,93	0,99
Гомеостатичность (H_{om}) / Homeostaticity (H_{om})	20,8	23,2	14,5	12,6	17,2	9,7
Размах урожайности (d, %) / Yield range (d, %)	26,2	27,4	33,7	36,8	20,8	36,4
Стрессоустойчивость ($Y_2 - Y_1$) / Stress resistance ($Y_2 - Y_1$)	-5,8	-5,9	-7,3	-8,8	-4,6	-8,7
Генетическая гибкость ($(Y_1 + Y_2)/2$) / Genetic flexibility	19,2	18,6	18,1	19,5	17,7	19,5
Общая адаптивная способность (ОАС) / General Adaptive Capacity (CCA)	0,7	-	-0,6	1,5	-0,7	-0,1
Селекционная ценность (Sc) / Breeding Value (Sc)	14,1	13,4	11,8	12,6	10,4	11,6

Изучаемые сорта и линии не в полной мере реализовали свой высокий потенциал урожайности. Его реализация в среднем по опыту составила 81,9 %, а в разрезе образцов она варьировала от 76,5 до 85,6 %. Лучшими по данному показателю были линии П-4382-3-2 ф-3, П-4453 ц-6 и П-4629 ш-1 (88,7-86,9-83,7 % соответственно).

Изменчивость урожайности льноволокна по годам у всех новых линий была средней ($CV = 13,5...18,1$ %), тогда как у сортов Восход и Добрыня – сильной ($CV = 21,5$ %).

Устойчивость к стрессу и компенсаторская способность сортов (по А. А. Rossielle, J. Hemblin [19]) являются одними из показателей адаптивности и экологической пластичности. Наиболее высокую стрессоустойчивость ($Y_2 - Y_1$) в условиях опыта проявили линии П-4382-3-2 ф-3, П-4453 ц-6 и стандарт Восход, значения которых варьировали в пределах -4,6...5,9,

что свидетельствует о широком диапазоне их приспособительных возможностей, низкую (-8,7...-8,8) наблюдали у сорта Добрыня и линии П-4629 ш-1. Высокую урожайность льноволокна в контрастных условиях ($(Y_1 + Y_2)/2$), превысившую среднесортную (18,6 ц/га) на 3,2...4,8 %, обеспечили линии П-4629 ш-1, П-4382-3-2 ф-3 и сорт Добрыня (19,2...19,5 ц/га),

Размах урожайности (d) показывает отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью сорта к максимальной, выраженное в процентах. Чем ниже показатель d, тем стабильнее урожайность сорта в данных условиях. Лучшими по этому показателю были стандартный сорт Восход и линии П-4382-3-2 ф-3, П-4453 ц-6, худшими – сорт Добрыня и линия П-4629 ш-1.

Важным этапом при определении адаптивных свойств сортообразцов льна-долгунца является оценка их по пластичности, феноти-

пической стабильности и гомеостазу. Согласно модели S. A. Eberhart, W. A. Russell [18], по коэффициенту линейной регрессии (b_i), показывающему реакцию сортов на изменение условий выращивания, наиболее отзывчивыми ($b_i > 1$) на улучшение условий выращивания являлись сорта Восход (1,18), Добрыня (1,17) и линия П-4629 ш-1 (1,12). У линии П-4625-4-8 ш-4 коэффициент регрессии был близок или равен 1, что говорит о полном соответствии урожайности льноволокна изменению условий выращивания. Сортообразцы П-4382-3-2 ф-3, П-4453 ц-6 имели значение $b_i < 1$, что свидетельствует об их слабой реакции на улучшение условий выращивания, но вместе с тем они лучше адаптированы к средним и худшим условиям среды.

Имеются различия у изучаемого набора сортов и по показателям стабильности урожайности (Gd^2). По данному показателю в изучаемом наборе сортов (линий) наиболее стабильными по урожайности волокна являлись стандарт Восход ($Gd^2 = 0,02$) и линия П-4625-4-8 ш-4 ($Gd^2 = 0,1$). Самую низкую стабильность имел сорт Добрыня ($Gd^2 = 6,52$).

Согласно методике В. В. Хальгидина¹⁰, линии П-4382-3-2 ф-3 и П-4453 ц-6 характеризовались наибольшей гомеостатичностью ($H_{om} = 20,8...23,2$) и стабильностью (ИС = 6,3...7,4). Эти же генотипы отличались и наибольшей селекционной ценностью ($Sc = 13,4...14,1$), что также свидетельствует об их стабильности. Следует отметить, что оценка сортов по указанным показателям по признаку «урожайность льноволокна» не полностью совпадает с оценкой на стабильность по S. A. Eberhart и W. A. Russell (Gd^2) [18].

Общая адаптивная способность (ОАС) сортов характеризует их способность формировать высокий уровень урожайности льноволокна в разнообразных условиях среды. Среди изучаемых нами сортов и линий льна-долгунца наиболее высокие значения ОАС имели П-4382-3-2 ф-3 (0,7) и П-4629 ш-1 (1,5), которые превышали среднесортową урожайность льноволокна в среднем за годы исследований на 0,7 и 1,5 ц/га соответственно. Наиболее низкими значениями ОАС характеризовались стандартный сорт Восход (-0,7) и линия П-4625-4-8 ш-4 (-0,6), урожайность льноволокна которых уступала среднесортовой урожайности на 0,7 и 0,6 ц/га соответственно.

В наших исследованиях оценку генотипов льна-долгунца по пластичности и стабильности по признаку «урожайность льноволокна» определяли различными методами. Полученные результаты показали, что направления и величина связей одних и тех же параметров друг с другом и с урожайностью волокна по ним не всегда совпадают. Для получения более достоверных результатов мы использовали принцип ранжирования по всем параметрам, а окончательную оценку проводили по сумме баллов [8, 20].

Ранжированная оценка сортообразцов по параметрам адаптивности (стрессоустойчивости, гибкости, изменчивости, генетической гибкости, пластичности, стабильности, гомеостатичности, общей адаптивной способности), с учетом наименьшей суммы баллов (рангов), позволила выявить генотипы льна-долгунца, наиболее приспособленные к условиям Северо-Западного региона. К ним относятся линии П-4382-3-2 ф-3, П-4453 ц-6 и П-4629 ш-1, набравшие соответственно 23, 30 рангов, что на 2-9 баллов меньше стандарта Восход и значительно меньше сорта Добрыня.

Среди вышеназванных наименьшую сумму рангов (23) набрали генотипы П-4382-3-2 ф-3 и П-4453 ц-6. Линия П-4382-3-2 ф-3 характеризуется относительно слабой изменчивостью, слабой отзывчивостью на улучшение условий среды, относительно слабой стабильностью, высокой стрессоустойчивостью и генетической гибкостью, относительно высокими реализацией потенциала, адаптивностью и общей адаптивной способностью, низким размахом урожайности, высокой гомеостатичностью и одновременно одной из самых высоких средних урожайностей льноволокна. Её можно отнести к сортам полунтенсивного типа, которые хорошо адаптированы к условиям региона и способны стабильно обеспечивать высокую урожайность волокна при изменяющихся условиях среды, в том числе в жестких агроклиматических условиях. По отзывчивости на изменение условий среды и другим параметрам адаптивности линия П-4453 ц-6 мало отличалась от линии П-4382-3-2 ф-3, но несколько уступала последней по урожайности волокна. Урожайность льносолом у них была одинаковой – 50,8 и 51 ц/га соответственно, а урожайность льносемян у линии П-4453 ц-6 получена выше на 1 ц/га, или на 16,9 %.

¹⁰Хангильдин В. В., Бирюков С. В. Указ.соч.

На втором месте по данному показателю находится линия П-4629 ш-1, набравшая 30 рангов. Она характеризуется самой высокой в опыте урожайностью волокна, относительно высокой пластичностью и низкой стабильностью, высокой вариабельностью и размахом урожайности, низкой гомеостатичностью и слабой стрессоустойчивостью, высокой адаптивностью и общей адаптивной способностью. Её следует отнести к сортам интенсивного типа, которые хорошо отзываются на улучшение условий выращивания и требуют высокого уровня агрофона, при котором способны реализовать свой высокий потенциал урожайности волокна.

При оценке сортообразцов в процессе селекции необходимо учитывать не только отдельные хозяйственно ценные признаки и влияние на них условий выращивания, но и характер взаимодействия между ними. Сильные корреляционные связи между признаками говорят о том, что, осуществляя отбор по одному из них, будет изменяться и другой. А отсутствие корреляции между ними указывает на возможность независимой селекции на их улучшение. Отдельные хозяйственно ценные признаки в различной степени коррелировали между собой, при этом связь была как положительной, так и отрицательной (табл. 5).

Таблица 5 – Корреляция урожайности и селекционно-значимых признаков у сортов и перспективных линий льна-долгунца (2016-2019 гг.) /

Table 5 – Correlation of yield and selection-significant traits in varieties and promising lines of fiber flax (2016-2019)

Признак / Trait	1	2	3	4	5	6
1	x	-0,53	0,24	-0,16	0,91	0,61
2		x	-0,4	-0,26	-0,39	0,25
3			x	0,99	-0,21	0,26
4				x	-0,36	0,52
5					x	0,53
6						x

Примечания: 1 – урожайность льносолемы; 2 – урожайность льносемян; 3 – урожайность льноволокна; 4 – содержание льноволокна; 5 – высота растений; 6 – продолжительность вегетационного периода /
 Notes: 1 – straw yield; 2 – seed yield; 3 – fiber yield; 4 – fiber content; 5 – plant height; 6 – growing season durability

Установлена сильная положительная зависимость урожайности льносолемы с высотой растений ($r = 0,91$), урожайности льноволокна с содержанием волокна ($r = 0,99$), средняя – урожайности соломы с длиной вегетационного периода ($r = 0,61$), вегетационного периода с высотой ($r = 0,53$) и содержанием волокна ($r = 0,52$); средняя отрицательная – урожайности льносемян с урожайностью льносолемы ($r = -0,53$), волокна ($r = -0,40$) и высотой растений ($r = -0,39$). Последнее затрудняет, но и не исключает одновременную селекцию на повышение урожайности льноволокна и льносемян.

Выводы. Двухфакторный дисперсионный анализ полученных данных показал, что степень влияния генотипа и условий года на формирование продуктивности и отдельных признаков льна-долгунца заметно различалась. Условия года в большей степени влияли на формирование урожайности льносемян (83,6 %), высоты растений (79,2 %), урожайности льносолемы (78,0 %) и льноволокна (68,5 %), на продолжительность вегетационного периода (58,3 %),

но и влияние генотипа на эти показатели было значимым. Доля генотипа преобладала в формировании содержания льноволокна в стеблях (75,0 %). Вариабельность была наибольшей по урожайности льносемян ($CV = 26,4...34,1$ %), средней по урожайности льносолемы и льноволокна ($CV = 11,3...21,5$ %) и слабой по вегетационному периоду, высоте растений и содержанию льноволокна в стеблях ($CV = 1,59...10,5$ %).

На основании результатов исследований выделены 3 лучшие линии льна долгунца по основным хозяйственно ценным признакам: П-4382-3-2 ф-3, П-4453 ц-6 и П-4629 ш-1, представляющие практический интерес. Все они относятся к раннеспелым (вегетационный период 77...79 суток), устойчивы к полеганию (4,1...4,7 балла) и фузариозному увяданию (87...93 %), высокорослы (78,5...82,4 см), имеют урожайность льносолемы (50,2...51,0 ц/га) и льносемян (5,9...6,9 ц/га) на уровне стандарта (50,4 и 6,7 ц/га соответственно). Отличаются высокой волокнистостью (35,9...39,6 %) и урожайностью волокна (18,4...19,9 ц/га), превосходя стандарт на 2,5...5,9 % (абс.) и 7,6...17 %

соответственно. По урожайности льносемян только линия П-4625-4-8 ш-4 и сорт Добрыня превосходили стандарт (6,7 ц/га) на 13,4 %.

Исходя из комплексной оценки селекционного материала по продуктивности и параметрам адаптивности, с использованием принципа ранжирования, эти же генотипы являются наиболее адаптивными к почвенно-климатическим условиям Северо-Западного региона, как набравшие наименьшие суммы рангов. Генотипы П-4382-3-2 ф-3 и П-4453 ц-6 можно отнести к нейтральному типу, они способны стабильно обеспечивать высокую урожайность волокна при изменяющихся

условиях среды, в том числе в жестких агро-климатических условиях. Линию П-4629 ш-1 следует отнести к интенсивному типу с хорошей отзывчивостью на улучшение условий выращивания и требованиями высокого уровня агрофона для реализации своего высокого потенциала урожайности волокна. Использование их в селекционных программах будет способствовать созданию новых сортов, обеспечивающих получение высоких и стабильных урожаев льнопродукции хорошего качества, что положительно скажется на решении сырьевой проблемы по производству льно-волокна в стране.

Список литературы

1. Рожмина Т. А., Понажев В. П. Состояние и перспективы развития льняного сектора России. Вестник Российской академии естественных наук по секции межотраслевых системных исследований. 2015;15(1):59-63.
2. Ущиповский И. В., Новиков Э. В., Басова Н. В., Безбабченко А. А., Галкин А. В. Системные проблемы льнокомплекса России и зарубежья, возможности их решения. Молочнохозяйственный вестник. 2017;(1(25)):166-186. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28914488>
3. Jhala A. J., Hall L. M. Flax (*Linum usitatissimum* L.): current uses and future applications. Aust. J. Basic Appl Sci. 2010;4(9):4304-4312. URL: https://www.researchgate.net/publication/228952435_Flax_Linum_usitatissimum_L_Current_uses_and_future_applications
4. 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://www.elibrary.ru/item.asp?id=32368923>
5. Смирнова Л. А., Поздняков Б. А., Рожмина Т. А., Понажев В. П., Павлова Л. Н. Льняной комплекс России: факторы и условия эффективного развития. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 142 с.
6. Рожмина Т. А., Жученко А. А. мл., Мельникова Н. В., Смирнова А. Д. Устойчивость образцов генофонда льна к эдафическому стрессу. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(2):133-140. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.133-140>
7. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М.: РУДН, 2001. Т.1. 780 с.
8. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2016;51(5):617-626. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus>
9. Павлова Л. Н., Герасимова Е. Г., Румянцева В. Н., Кудрявцева Л. П. Новые сорта льна-долгунца – основа повышения эффективности отрасли льноводства. Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: науч. пособие. Тверь: Твер. гос. универ., 2018. С. 23-25.
10. Трабурова Е.А., Рожмина Т.А., Андреева И.А. Скрининг образцов генофонда льна по урожайности волокна и их адаптивности к условиям Центрального Нечерноземья. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):688-696. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.688-696>
11. Сапега В. А., Турсумбекова Г. Ш. Урожайность, экологическая пластичность и стабильность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в южной лесостепи Тюменской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(2):114-123. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123>
12. Драгавцев В. А., Драгавцева И. А., Ефимова И. Л., Маринец А. С., Савин И. Ю. Управление взаимодействием «генотип-среда» – важнейший рычаг повышения урожаев сельскохозяйственных растений. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016;(59):105-121.
13. Степин А. Д., Рысев М. Н., Кострова Г. А., Уткина С. В. Основные направления и результаты научных исследований Псковского НИУ по селекции льна-долгунца. Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2019;(2):14-20. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41309097>
14. Голуб И. А. Лен Беларуси: монография. Минск: ЧУП «Орех», 2003. 245 с. Режим доступа: <https://www.twirpx.org/file/2390161/>
15. Rasukas A., Jankauskiene Z., Jundulas J. Asakaviciute R. Research of technical crops (polato and flax) genetic resources in Lithuania. Agronomy Research. 2009;7(1):59-72. URL: <https://agronomy.emu.ee/vol071/p7107.pdf>
16. Рыбась И. А., Марченко Д. М., Некрасов Е. И., Иванисов М. М., Гричаникова Т. А., Романюкина И. В. Оценка параметров адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы. Зерновое хозяйство России. 2018;(4):51-54. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-58-4-51-54>

17. Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Юсова О. А., Сафонова И. В. Адаптивность урожайности ярового овса в условиях Омского Прииртышья. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018;179(4):28-38. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36866709>
18. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Sci. 1966;6(1):38-40. URL: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>
19. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop. Sci. 1981;21(6):27-29. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X0021000600033x>
20. Юсова О. А. Николаев П. Н. Эффективность применения различных методик для расчета пластичности и стабильности сортов на примере ярового ячменя. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021;(1):98-104. DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-1-98-104>
21. Байкалова П. Б., Серебренников Ю. И. Оценка адаптивного потенциала сортов твердой яровой пшеницы по урожайности. Вестник КрасГАУ. 2021;(2):46-55. DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-2-46-55>
22. Степин А. Д., Рысев М. Н., Рысева Т. А., Уткина С. В., Романова Н. В. Скрининг сортообразцов льна-долгунца коллекции ВИР по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Северо-Западного региона. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(2):141-151. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.141-151>
23. 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>

References

1. Rozhmina T. A., Ponazhev V. P. Condition and prospects of development of linen sector of Russia. *Vestnik Rossiyskoy akademii estestvennykh nauk po sektsii mezhotraslevykh sistemnykh issledovaniy*. 2015;15(1):59-63. (In Russ.).
2. Ushchapovskiy I. V., Novikov E. V., Basova N. V., Bezbabchenko A. A., Galkin A. V. System problems of flax growing in Russia and abroad, the possibilities of their solution. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik*. 2017;(1(25)):166-186. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28914488>
3. Jhala A. J., Hall L. M. Flax (*Linum usitatissimum* L.): current uses and future applications. *Aust. J. Basic Appl Sci*. 2010;4(9):4304-4312. URL: https://www.researchgate.net/publication/228952435_Flax_Linum_usitatissimum_L_Current_uses_and_future_applications
4. 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://www.elibrary.ru/item.asp?id=32368923>
5. Smirnova L. A., Pozdnyakov B. A., Rozhmina T. A., Ponazhev V. P., Pavlova L. N. Linen complex of Russia: factors and conditions of effective development. Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2013. 142 p.
6. Rozhmina T. A., Zhuchenko Jr. A. A., Melnikova N. V., Smirnova A. D. Resistance of flax gene pool samples to edaphic stress caused by low acidity. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(2):133-140. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.133-140>
7. Zhuchenko A. A. Adaptive plant breeding system (ecological and genetic foundations). Moscow: RUDN, 2001. Vol.1. 780 p.
8. Rybas' I. A. Breeding grain crops to increase adaptability (review). *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2016;51(5):617-626. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus>
9. Pavlova L. N., Gerasimova E. G., Rumyantseva V. N., Kudryavtseva L. P. New varieties of flax are the basis for increasing the efficiency of the flax industry. Scientific support for the production of spinning crops: state, problems and prospects: scientific. stipend. Tver': Tver. gos. univer., 2018. pp. 23-25.
10. Traburova E. A., Rozhmina T. A., Andreeva I. A. Screening of flax gene pool samples by fiber yield and their adaptability to the conditions of the Central Non-Black Earth Region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):688-696. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.688-696>
11. Sapega V. A., Tursumbekova G. S. Yield, ecological plasticity and stability of spring soft and durum wheat varieties in the southern forest steppe of Tyumen region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(2):114-123. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123>
12. Dragavtsev V. A., Dragavtseva I. A., Efimova I. L., Marinets A. S., Savin I. Yu. Management by «genotype-environment» interaction - most important lever for increase of cultivated plants yields. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016;(59):105-121. (In Russ.).
13. Stepin A. D., Rysev M. N., Kostrova G. A., Utkina S. V. The main directions and results of scientific research of the Pskov Research Institute for the selection of flax. *Izvestiya Velikolukskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2019;(2):14-20. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41309097>
14. Golub I. A. Flax of Belarus: monograph. Minsk: ChUP «Orekh», 2003. 245 p. URL: <https://www.twirpx.org/file/2390161/>
15. Rasukas A., Jankauskiene Z., Jundulas J., Asakaviciute R. Research of technical crops (polato and flax) genetic resources in Lithuania. *Agronomy Research*. 2009;7(1):59-72. URL: <https://agronomy.emu.ee/vol071/p7107.pdf>

16. Rybas I. A., Marchenko D. M., Nekrasov E. I., Ivanisov M. M., Grichanikova T. A., Romanyukina I. V. Assessment of parameters of winter soft wheat adaptability. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2018;(4):51-54. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-58-4-51-54>
17. Nikolaev P. N., Aniskov N. I., Yusova O. A., Safonova I. V. Adaptability of spring oat yield in the environments of the Near-Irtysh area in Omsk province. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2018;179(4):28-38. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36866709>
18. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 1966;6(1):38-40. URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>
19. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop. Sci.* 1981;21(6):27-29. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x>
20. Yusova O. A., Nikolaev P. N. Efficiency of application of various methods for plasticity and stability calculation of varieties on the example of spring barley. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2021;(1):98-104. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-1-98-104>
21. Baykalova P. B., Serebrennikov Yu. I. Otsenka adaptivnogo potentsiala sortov tverdogo yarovoy pshenitsy po urozhaynosti. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2021;(2):46-55. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-2-46-55>
22. Stepin A. D., Rysev M. N., Ryseva T. A., Utkina S. V., Romanova N. V. Screening of fiber flax varieties from the VIR collection according to flax fiber yield and adaptability parameters in the conditions of the Northwestern region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(2):141-151. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.141-151>
23. 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>

Сведения об авторах

✉ **Степин Александр Дмитриевич**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, зам. директора, обособленное подразделение Псковский НИИСХ ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9009-878X>, e-mail: otdellna@yandex.ru

Рысев Михаил Николаевич, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, обособленное подразделение Псковский НИИСХ ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9291-7593>

Рысева Тамара Андреевна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, обособленное подразделение Псковский НИИСХ ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5420-8419>

Уткина Светлана Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, обособленное подразделение Псковский НИИСХ ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7006-6713>

Information about the authors

✉ **Alexander D. Stepin**, PhD in Agricultural Science, leading researcher, Deputy Director of the separate division Pskov Research Institute of Agriculture of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federation, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9009-878X>, e-mail: otdellna@yandex.ru

Mikhail N. Rysev, PhD in Agricultural Science, leading researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division Pskov Research Institute of Agriculture of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federation, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9291-7593>

Tamara A. Ryseva, PhD in Agricultural Science, leading researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division Pskov Research Institute of Agriculture of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federation, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5420-8419>

Svetlana V. Utkina, senior researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division Pskov Research Institute of Agriculture of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federation, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7006-6713>

✉ – Для контактов / Corresponding author