



Скрининг образцов генофонда льна по урожайности волокна и их адаптивности к условиям Центрального Нечерноземья

© 2020. Е. А. Трабурова, Т. А. Рожмина✉, И. А. Андреева

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

Исследования выполнены в 2017-2019 гг. в условиях Смоленской области на дерново-подзолистой среднесуглинистой слабокислой почве. В изучение включено 25 сортов и линий льна-долгуна отечественной и зарубежной селекции. В качестве стандарта использовали среднеспелый сорт Импульс (Россия), у которого урожайность в зависимости от года испытаний составила 1,07...1,29 т/га. Как показали расчеты индекса условий среды, наиболее благоприятные условия для льна-долгуна сложились в 2018 году ($I_j = +0,46$), а стрессовые, обусловленные избыточным увлажнением в критический период роста и развития растений (ГТК = 1,7), в 2017 году ($I_j = -0,55$). В среднем за годы исследований урожайность волокна в зависимости от генотипа варьировала в пределах 1,00...1,97 т/га. Наиболее высокой урожайностью в среднем за три года испытаний (1,78...1,97 т/га) и средней урожайностью в контрастных условиях характеризовались сорта: Цезарь, Синель, Добрыня (Россия); Marylin (Голландия); Andrea, Altea (Франция). При благоприятных погодных условиях (2018 г.) высокий потенциал по урожайности льноволокна по сравнению со среднесортным значением (121,5...133,3 %) получен у сортов: Цезарь, Добрыня, Синель (Россия); Белита (Беларусь); Andrea, Altea (Франция); Marylin (Голландия). При стрессовых условиях (2017 г.) высокая адаптивность выявлена у образцов российской селекции: Цезарь (173,4 %), Синель (168,0 %), Добрыня (151,1 %), Тост 3 (128,7 %), Альфа, Универсал (127,7 %). Высокой отзывчивостью на условия возделывания ($b_i > 1$) характеризовались сорта: Сурский (Россия) – 2,2; Белита (Беларусь), л. 323-02 (Россия), Marylin (Голландия) – 1,7, Александрит (Россия), Andrea (Франция) – 1,5. Не проявили реакцию на изменения условий выращивания ($b_i < 1$) российские сорта с относительно стабильной урожайностью: Цезарь; Синель – 0,7; Альфа – 0,6; Лидер; Смолич; Тост 3; Универсал – 0,5; Импульс – 0,2. Таким образом, наибольшей урожайностью льноволокна и приспособленностью к почвенно-климатическим условиям Центрального Нечерноземья обладают сорта отечественной селекции: Цезарь, Добрыня и Синель. Расширение посевов льна-долгуна под данными сортами будет способствовать укреплению отечественной сырьевой базы.

Ключевые слова: лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.), образец, урожайность, стрессоустойчивость, пластичность

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (темы: №№ 075-00853-19-00, 0477-2019-0022).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: 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>

Поступила: 08.10.2020

Принята к публикации: 09.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

Screening of flax gene pool samples by fiber yield and their adaptability to the conditions of the Central Non-Black Earth Region

© 2020. Elena A. Traburova, Tatiana A. Rozhmina✉, Irina A. Andreeva

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

The research was carried out in 2017-2019 in the conditions of the Smolensk region on sod-podzolic medium loamy slightly acidic soil. The study included 25 varieties and lines of fiber flax of domestic and foreign selection. The mid-ripening variety Impuls (Russia) was used as a standard, whose yield, depending on the test year, was 1.07...1.29 t/ha. As shown by the calculations of the index of environmental conditions, the most favorable conditions for fiber flax developed in 2018 ($I_j = +0.46$), and stress conditions, caused by excessive moisture during the critical period of plant growth and development (GTC = 1.7), in 2017 ($I_j = -0.55$). On average, over the years of research, the yield of fiber, depending on the genotype, varied in the range of 1.00...1.97 t/ha. The highest yield on average for three years of testing (1.78...1.97 t/ha) and average yield in contrasting conditions were characteristic of the varieties Cesar, Sinel, Dobrynya (Russia), Marylin (Holland), Andrea, Altea (France). Under favorable weather conditions (2018), a high potential for the yield of flax fiber compared to the average value (121.5...133.3 %) was obtained in the varieties Cesar, Dobrynya, Sinel (Russia), Belita (Belarus), Andrea, Altea (France), Marylin (Holland). Under stressful conditions (2017), high adaptability was found in the samples of the Russian selection Cesar (173.4 %), Sinel (168.0 %), Dobrynya (151.1 %), Tost 3 (128.7 %), Alfa, Universal (127.7 %). The varieties Surskiy ($b_i = 2.2$), Belita (Belarus), l. 323-02 (Russia), Marylin (Holland) – 1.7, Alexandrit (Russia), Andrea (France) – 1.5.

Were characterized by high responsiveness to cultivation conditions ($b_i > 1$). Russian varieties with a relatively stable yield: Cesar, Sinel – 0.7, Alpha – 0.6, Lider, Smolich, Tost 3, Universal – 0.5, Impuls – 0.2 did not show reaction to changes in growing conditions ($b_i < 1$). Thus, the domestic varieties Cesar, Dobrynya and Sinel have the highest yield of flax fiber and adaptability to the soil and climatic conditions of the Central Non-Black Earth Region. Expansion of fiber flax acreage under these varieties will provide strengthening of the domestic raw material base.

Keywords: fiber flax (*Linum usitatissimum* L.), sample, yield, stress resistance, plasticity

Acknowledgement: 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. 075-00853-19-00, 0477-2019-0022)

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

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

For citation: 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>

Received: 08.10.2020

Accepted for publication: 09.11.2020

Published online: 10.12.2020

Лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.) является важнейшей стратегической культурой России. В его сырье нуждается не только текстильная, но и фармацевтическая, химическая промышленность, военно-промышленный комплекс, автомобилестроение и другие отрасли народного хозяйства [1, 2, 3]. В настоящее время потребность внутреннего рынка страны в льноволокне, по данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, составляет 130 тыс. тонн в год, при фактическом объеме его производства в 3 раза меньше¹. Низким остается качество льносырья, средний номер льнотресты по стране – 1,1, что сдерживает расширение ассортимента выпускаемой продукции и делает культуру малопривлекательной для инвесторов [4]. Важная роль в обеспечении страны высококонкурентоспособным льносырьем принадлежит селекции, основанной на использовании биологического потенциала культуры.

Многие современные сорта характеризуются высоким качеством льноволокна и позволяют получить урожайность на уровне 20–25 ц/га, в то же время в производственных условиях биологический их потенциал реализуется не более чем на 45 %, что в значительной мере обусловлено влиянием неблагоприятных факторов среды. Следует отметить, что исторически агроклиматические условия Смоленской области являлись наиболее благоприятными для производства льна-долгунца [5]. Однако изменение климатических условий привело к усилению влияния таких стрессовых факторов среды, как засуха, переувлажнение, несбалансированность почв по уровню содержания макро- и микроэлементов и другие [6].

В своих трудах академик А. А. Жученко отмечал, что чем экстремальнее условия внешней среды и выше потенциальная продуктивность сортов и гибридов, тем выше роль их устойчивости к действию экологических стрессов, агроэкологической специализации, то есть приспособленности к местным условиям [7]. При одинаковых значениях урожайности предпочтение должно отдаваться тем сортам, которые обладают наибольшей экологической устойчивостью [8]. Многочисленные исследования по оценке адаптивного потенциала исходного материала с использованием различных методов ведутся по многим культурам [9, 10, 11, 12]. Однако по льну-долгунцу таких работ крайне мало, что указывает на актуальность исследований в данном направлении [13, 14, 15, 16, 17, 18].

Цель исследований – изучение образцов коллекции льна-долгунца Федерального научного центра лубяных культур в условиях Смоленской области для выявления высокоурожайных генотипов, устойчивых к неблагоприятным факторам среды, что обеспечит создание высококонкурентоспособных сортов с широким адаптивным потенциалом.

Материалы и методы. Исследования проводили на опытном поле обособленного подразделения ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (бывшая Смоленская ГОСХОС, г. Смоленск) в период с 2017 по 2019 год. Объектом исследований служили 25 коллекционных образцов, полученных из коллекции ФГБНУ ФНИЦ ЛК. В качестве стандарта использовали среднеспелый, высокоурожайный сорт льна-долгунца Импульс селекции Смоленской ГОСХОС.

¹Валовой сбор льна-долгунца в Российской Федерации, тыс. тонн. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agentstvo-len.ru/valovoy-sbor-lna-dolguntsa-v-rossiyskoy-federatsii-tys-tonn> (дата обращения 15.09.2020).

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, содержание гумуса составило 2,19 % (по Тюрину), подвижного фосфора – 214 мг/кг почвы, обменного калия – 106 мг/кг почвы (по Кирсанову), реакция среды – слабокислая ($pH_{KCl} - 5,0$).

Закладку питомника, проведение учетов и наблюдений проводили в соответствии с методическими указаниями по селекции и первичному семеноводству льна-долгунца². Образцы высевали рядовым способом. Площадь делянки 1 м², повторность – трехкратная. Через каждые 10 делянок высевали стандартный сорт Импульс. Норма высева 22 млн всх. семян на 1 га.

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались как по количеству выпавших осадков и сумме температур, так и по характеру их распределения в течение всего вегетационного периода. Это позволило более полно оценить генетический потенциал исследуемых образцов и выделить лучшие из них по урожайности и устойчивости к неблагоприятным условиям среды Центрального Нечерноземья.

Метеорологические условия 2017 года отличались переувлажнением в критический период роста растений и формирования льноволокна. За вегетационный период выпало 247 мм осадков, наиболее влажными были июнь и июль, в июне выпало 78,6 и июле – 92,6 мм. Гидротермический коэффициент по Г. Т. Селянинову (интегральный показатель по влагообеспеченности) за июнь-июль составил 1,7 и 1,8 соответственно, при оптимальных показателях для льна-долгунца 1,3...1,5 [5].

Период вегетации 2018 года был теплым и дождливым, что благоприятно сказалось на развитии растений льна-долгунца. Среднесуточная температура воздуха в мае превышала норму по температурному режиму для Смоленской области на 3,9 °С, июне – на 0,4 °С, июле – 1,8 °С, в августе – на 2,7 °С. За вегетационный период выпало 286,3 мм осадков. ГТК за весь период вегетации составил 1,3, т. е. был оптимальным для роста и развития растений.

Вегетационный период 2019 года по температурному режиму был теплым с боль-

шим количеством атмосферных осадков. Среднесуточная температура воздуха в мае оказалась на 1,2 °С выше нормы, осадков выпало 111,7 мм (ГТК = 2,8). В июне отмечалось повышение температуры на 3,9 °С от нормы, количество осадков – 61,1 мм (ГТК = 1,1). Июль характеризовался снижением температуры воздуха на 1,3 °С от нормы (17 °С), осадков выпало 121,7 мм (ГТК = 2,5). Гидротермический коэффициент за весь вегетационный период культуры составил 2,1, что указывает на избыточность увлажнения.

Оценку продуктивного и адаптивного потенциала определяли по методике Л. А. Животкова, З. А. Морозовой, Л. И. Секачевой [19], индекс условий среды (I_j) и коэффициент регрессии (b_i) по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell [20], показатель стрессоустойчивости и среднюю урожайность в контрастных условиях – по уравнениям А. А. Rosielle, J. Hamblin [21] в изложении А. А. Гончаренко [22].

Ранжирование коллекционных образцов льна-долгунца по уровню урожайности волокна осуществляли в соответствии с Международным классификатором СЭВ³ и Descriptor list for fax (*Linum usitatissimum* L.)⁴ как отношение полученной величины к стандарту.

Результаты и обсуждение. Устойчивость сортов к стрессу (засухе, высокой температуре, избыточному увлажнению и др.) является одним из основных показателей в условиях усиления их негативного влияния на растения возделываемых культур [6].

Метеорологические условия в годы исследований были различными, их оценку проводили с использованием индекса условий среды (I_j). Оптимальные условия для роста и развития растений льна-долгунца складываются при положительных показателях условий среды, худшие при отрицательных показателях.

Расчет индексов условий среды показал, что наиболее благоприятным из трех лет изучения для формирования льноволокна был 2018 год ($I_j = +0,46$). В 2017 году сложились самые неблагоприятные условия ($I_j = -0,55$), в 2019 году условия были более благоприятными ($I_j = +0,09$).

²Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца: методические указания. Тверь: Тверской гос. ун-т, 2014. 140 с.

³Международный классификатор СЭВ вида *Linum usitatissimum* L. Л.: Типография ВИР, 1989. 35с.

⁴Nozkova J., Pavelek M., Brach N., Tejklova E., Porokhvinova E., Brindza J. Descriptor list for flax *Linum usitatissimum* L. Slovak University of Agriculture in Nitra, 2011. 102 p.

Наибольшая среднесортная урожайность льноволокна у изучаемых коллекционных образцов льна-долгунца (1,95 т/га) была получена в 2018 году при положительном

индексе условий (+0,46). При отрицательном индексе условий среды 2017 года (-0,55) среднесортная урожайность составила 0,94 т/га, а в 2019 году – 1,58 т/га (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка образцов льна-долгунца по реализации потенциальной урожайности льноволокна (2017-2019 гг.)

Table 1 – Evaluation of flax samples for realizing the potential yield of fiber (2017-2019)

Название, происхождение образца / Name, origin of the sample	Урожайность льноволокна, т/га / Flax fiber yield, t/ha				Доля урожайности относительно средней сортовой урожайности, % / Portion of yield relative to average varietal yield, %		
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	\bar{x}	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Дипломат, Россия / Diplomat, Russia	0,67	1,86	1,74	1,42	71,3	95,4	110,1
Александрит, Россия / Alexandrit, Russia	0,65	2,16	1,55	1,45	69,1	107,7	98,1
China 1, Китай / China 1, China	0,65	1,60	1,80	1,35	69,1	82,1	114,6
Ярок, Беларусь / Yarok, Belarus	0,90	2,08	2,16	1,71	95,7	106,7	136,7
Andrea, Франция / France	1,10	2,60	1,84	1,85	117,0	133,3	116,5
Marylin, Голландия / Holland	0,85	2,48	2,04	1,79	90,4	127,2	129,1
Белита, Беларусь / Belita, Belarus	0,77	2,56	1,48	1,60	81,9	131,3	93,7
Каменяр, Украина / Kamenyar, Ukraine	0,52	1,46	1,25	1,08	55,3	71,8	79,1
Сурский, Россия / Surskiy, Russia	0,60	2,04	2,04	1,57	63,8	104,6	129,1
л. 323-02, Россия / l.323-02, Russia	0,58	2,23	1,88	1,57	61,7	114,4	119,0
Альфа, Россия / Alfa, Russia	1,20	1,83	1,28	1,44	127,7	93,8	81,0
I 522-63, Китай / China	1,16	2,03	1,74	1,64	123,4	104,1	110,1
l. 92199-6-5, Китай / China	1,06	1,48	1,62	1,39	112,8	75,9	88,0
Altea, Франция / France	1,10	2,44	2,04	1,86	117,0	125,1	129,1
Надежда, Россия / Nadezhda, Russia	0,95	1,98	1,66	1,50	101,0	101,5	105,1
I 11, Китай / China	0,75	1,75	1,22	1,24	79,7	89,7	77,2
К -6, Россия / K-6, Russia	0,50	1,77	1,15	1,14	53,2	90,8	72,8
Тост 3, Россия / Tost 3, Russia	1,21	1,81	1,16	1,39	128,7	92,8	73,4
Универсал, Россия / Universal, Russia	1,20	1,74	1,45	1,46	127,7	89,2	91,8
Цезарь, Россия / Cesar, Russia	1,63	2,37	1,91	1,97	173,4	121,5	120,9
Синель, Россия / Sinel, Russia	1,58	2,40	1,37	1,78	168,0	123,1	86,7
Добрыня, Россия / Dobrynya, Russia	1,42	2,56	1,51	1,83	151,1	131,3	95,6
Лидер, Россия / Lider, Russia	0,84	1,24	1,30	1,13	89,4	63,6	82,3
Смолич, Россия / Smolich, Russia	0,66	1,12	1,22	1,0	70,2	57,4	77,2
Импульс – ст. / Impuls – st.	1,07	1,29	1,17	1,18	113,8	57,9	74,1
Сумма / Amount	23,62	48,75	39,50	= 111,87			
Средняя сортовая / Average varietal	0,94	1,95	1,58	1,49	100,0	100,0	100,0
Индекс среды I _j / Environment index	-0,55	+0,46	+0,09	-	-	-	-

В неблагоприятный по погодным условиям 2017 год выделились по урожайности льноволокна следующие сорта и линии: Альфа, Тост 3, Универсал, Цезарь, Синель, Добрыня (Россия), их доля относительно среднесортowego показателя составила 127,7...173,4 %. В благоприятный по индексу условий среды 2018 год существенно превосходили среднесортовой показатель по урожайности льноволокна (более 110 %), которая составила 2,23...2,60 т/га, генотипы: л. 323-02, Цезарь, Синель, Добрыня (Россия), Andrea, Altea, (Франция), Marylin (Голландия), Белита (Беларусь). В 2019 году существенно превысили среднесортую урожайность (1,58 т/га) образцы Сурский, л. 323-02, Цезарь (Россия), Ярок (Беларусь), Andrea, Altea (Франция), Marylin (Голландия), что составило 1,84...2,16 т/га (116,5...136,7 %).

Наибольшая средняя урожайность льноволокна (1,57...1,97 т/га) отмечалась у генотипов Цезарь, Сурский, Синель, Добрыня, л. 323-02 (Россия), Ярок (Беларусь), Altea, Andrea (Франция), Marylin (Голландия), что выше стандарта – сорта Импульс на 133,1...167,0 %. Самую высокую урожайность льноволокна показал сорт Цезарь, превышение по отношению к среднесортowому показателю (1,49 т/га) в годы изучений (2017-2019 гг.) составило 0,69; 0,42; 0,33 т/га соответственно.

Показатель стрессоустойчивости ($Y_2 - Y_1$) имеет отрицательный знак, чем меньше разрыв между минимальной и максимальной урожайностью, тем выше устойчивость генотипа к неблагоприятным факторам среды [21]. Высокую стрессоустойчивость проявили образцы: Альфа, Тост 3, Универсал, Цезарь, Синель, Лидер, Смолич (Россия) и л. 92199-6-5 (Китай), сорт-стандарт Импульс, их значения варьировали от -0,22 до -0,82. Наименьшая устойчивость к стрессу (-1,51...-1,79) выявлена у сортов: Александрит (Россия), Белита (Беларусь), Marylin (Голандия) и линия 323-02 (табл. 2).

Средняя урожайность сорта в контрастных условиях (стрессовых и благоприятных) ($Y_1 + Y_2 / 2$) характеризует их генетическую гибкость и компенсаторную способность. Чем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными условиями среды (метеорологическими, эдафическими и др.), тем выше этот показатель. Наиболее урожай-

ными в контрастных условиях оказались сорта Marilyn (1,7 т/га), Altea (1,8), Andrea (1,9), Цезарь (2,0), Синель (2,0), Добрыня (2,0 т/га), они сформировали урожай льноволокна в этих условиях выше среднего (1,49).

Согласно модели S. A. Eberhart, W. A. Russell [20], при оценке сортов льна-долгунца определили показатель «пластичность» (коэффициент регрессии b_i). Данный показатель характеризует среднюю реакцию сортов на изменения условий выращивания, проявляющуюся в фенотипической изменчивости и указывает на их пластичность.

Сорта, у которых коэффициент регрессии значительно выше единицы, можно отнести к интенсивному типу, они отличались отзывчивостью на улучшение агроклиматических и погодных условий выращивания, при этом в неблагоприятные годы снижали свою урожайность. Коэффициент регрессии, равный или близкий к нулю, указывает на то, что сорт не реагировал на меняющиеся условия возделывания. Сорта с коэффициентом регрессии меньше единицы относят к нейтральному типу, при неблагоприятных условиях у них в меньшей степени снижались показатели урожайности в сравнении с сортами интенсивного типа.

По результатам проведенных исследований наибольшей отзывчивостью ($b_i > 1$) на улучшение условий возделывания обладали образцы льна-долгунца Сурский (2,2), Marylin, Белита, л. 323-02 (1,7), Александрит, Andrea (1,5). Это позволило данным генотипам сформировать высокую среднюю урожайность.

Не проявили реакцию на изменения условий выращивания генотипы: Цезарь, Синель (0,7), Альфа (0,6), Лидер, Смолич, Тост 3, Универсал (0,5), а также стандарт – сорт Импульс (0,2) ($b_i < 1$). Эти сорта льна-долгунца эффективны при возделывании на низких агрофонах, в зонах рискованного земледелия, поскольку они показали стабильные урожайные данные.

Выводы. По результатам изучения коллекционных образцов льна-долгунца в условиях Смоленской области выявлен ценный селекционный материал по урожайности льноволокна, показателям, определяющим их адаптивный потенциал и отзывчивость на условия выращивания. Наиболее высокой средней урожайностью – 1,78...1,97 т/га (2017-2019 гг.) и

Таблица 2 – Стрессоустойчивость, средняя урожайность в контрастных условиях и пластичность коллекционных образцов льна-долгунца (2017-2019 гг.) /
 Table 2 – Stress resistance, average yield in contrasting conditions and plasticity of collection specimens of fiber flax (2017-2019)

Название образца / Name of the sample	Стрессо- устойчивость / Stress resistance ($Y_2 - Y_1$)	Средняя урожайность в контрастных условиях, т/га / Average yield in contrasting conditions, t/ha ($Y_1 + Y_2 / 2$)	Пластичность (коэф- фициент регрессии, b_i) / Plasticity (regression co- efficient, b_i)
Дипломат / Diplomat	-1,19	1,3	1,3
Александрит / Alexandrit	-1,51	1,4	1,5
China 1	-1,15	1,3	1,1
Ярок / Jarok	-1,26	1,5	1,3
Andrea	-1,50	1,9	1,5
Marylin	-1,63	1,7	1,7
Белита / Belita	-1,79	1,7	1,7
Каменяр / Kamenyar	-0,94	1,0	1,0
Сурский / Surskiy	-1,44	1,3	2,2
л. 323-02 / l. 323-02	-1,65	1,4	1,7
Альфа / Alfa	-0,63	1,5	0,6
I 522-63	-0,87	1,6	0,9
l.92199-6-5	-0,56	1,3	0,5
Altea	-1,34	1,8	1,4
Надежда / Nadezhda	-1,03	1,5	1,1
I - 11	-1,00	1,3	1,0
К-6	-1,27	1,1	1,2
Тост 3 / Tost 3	-0,60	1,5	0,5
Универсал / Universal	-0,54	1,5	0,5
Цезарь / Cesar	-0,74	2,0	0,7
Синель / Sinel	-0,82	2,0	0,7
Добрыня / Dobrynya	-1,14	2,0	1,1
Лидер / Lider	-0,46	1,1	0,5
Смолич / Smolich	-0,56	1,0	0,5
Импульс – ст. / Impuls – st.	-0,22	1,2	0,2

средней урожайностью в контрастных условиях характеризовались сорта: Цезарь, Синель, Добрыня (Россия); Marylin (Голландия); Andrea и Altea (Франция). В благоприятном 2018 году по индексу условий среды (+0,46) высокий потенциал урожайности по сравнению со среднесортным значением получен у сортов Andrea (133,3 %), Белита, Добрыня (131,3 %), Marylin (127,2 %), Altea (125,1 %), Синель

(123,1 %), Цезарь (121,5 %). При стрессовых условиях, исходя из индекса условий среды (-0,55), высокая адаптивность выявлена у следующих образцов: Цезарь (173,4 %), Синель (168,0 %), Добрыня (151,1 %), Тост 3 (128,7 %), Альфа, Универсал (127,7 %). Высокую отзывчивость на условия возделывания ($b_i > 1$) проявили сорта Сурский ($b_i = 2,2$), Marylin, Белита, л 323-02 (1,7), Александрит, Andrea (1,5).

Список литературы

1. Ущаповский 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>
2. 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://pdfs.semanticscholar.org/b794/9ff906b2f6e5ec182c165a6fc93327329754.pdf>

3. 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. Front. Plant Sci. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00411>
4. Мигулев П. И., Черников В. Г., Ростовцев Р. А., Андрощук В. С. Лен: проблемы и перспективы. Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов: сб. науч. тр. по мат-лам Национальной научно-практической конференции. Тверь: изд-во Тверской ГСХА, 2019. С. 199-201.
5. Понажев В. П., Рожмина Т. А., Павлова Л. Н., Тихомирова В. Я., Поздняков Б. А., Сорокина О. Ю., Захарова Л. М., Рыжов А. И., Смирнов А. А., Серков В. А., Ушеревич Е. М. Лен и конопля: зонально-адаптивные сорта и технологии производства. Тверь: Тверской ГУ, 2014. 321 с.
6. Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата. Под ред. А. В. Гардеева. М.: МСХ РФ, 2012. 212 с.
7. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические аспекты). Т. I, II. М.: ООО «Издательство Агрорус», 2001. 1489 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. Гончарова Э. А. Изучение устойчивости и адаптации культурных растений к абиотическим стрессам на базе мировой коллекции генетических ресурсов: научное наследие профессора Г. В. Удовенко. Под ред. академика А. А. Жученко. СПб.: ГНУ ВИР, 2011. 336 с.
10. Курылева А. Г. Адаптивная реакция сортов ячменя при экологическом испытании в условиях Удмуртской Республики. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(6(67)):52-57. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.52-57>
11. Мамаев В. В. Выявление сортов озимой ржи с экологической адресностью для юго-запада центра России. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018;(3):78-83. DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-3-78-83>
12. 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>
13. 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>
14. 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>
15. Корепанова Е. В., Фатыхов И. Ш. Экологическая пластичность сортов льна-долгунца в условиях Среднего Предуралья. Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2012;(4):27-30.
16. Jankauskiene Z. Results of 90 years of flax breeding in Lithuania. Proc. Latv. Acad. Sci. Sect. B Nat. Exact Appl. Sci. 2014;68(3-4):184-192. DOI: <https://doi.org/10.2478/prolas-2014-0022>
17. Dmitriev A. A., Kudryavtseva A. V., Krasnov G. S., Koroban N. V., Speranskaya A. S., Krinitsina A. A. et al. Gene expression profiling of flax (*Linum usitatissimum* L.) under edaphic stress. BMC Plant Biology. 2016;16(3):237. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0927-9>
18. Dmitriev A. A., Krasnov G. S., Rozhmina T. A., Novakovskiy R. O., Snezhkina A. V., Fedorova M. S. et al. Differential gene expression in response to *Fusarium oxysporum* infection in resistant and susceptible genotypes of flax (*Linum usitatissimum* L.). BMC Plant Biology. 2017;17(2):253. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1192-2>
19. Животков 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.
20. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. Grop. Sci. 1966;6(1):36-40.
21. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non – stress environments. Grop. Sci. 1981;21(6):27-29.
22. Гончаренко А. А. Об адаптивной способности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005;(6):49-53.

References

1. Ushchapovskiy I. V., Novikov E. V., Basova N. V., Bezbabchenko A. A., Galkin A. V. *Sistemnye problemy l'no kompleksa Rossii i zarubezh'ya, vozmozhnosti ikh resheniya*. [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>

2. 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://pdfs.semanticscholar.org/b794/9ff906b2f6e5ec182c165a6fc93327329754.pdf>
3. Goudenhoofst 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. Front. Plant Sci. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00411>
4. Migulev P. I., Chernikov V. G., Rostovtsev R. A., Androshchuk V. S. *Len: problemy i perspektivy. Innovatsionnye podkhody k razvitiyu nauki i proizvodstva regionov: sb. nauch. tr. po mat-lam Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Flax: problems and prospects. In collection: Innovative approaches to the development of science and production in the regions. Collection of scientific papers based on the materials of the National Scientific and Practical Conference]. Tver': izd-vo Tverskoy GSKhA, 2019. pp.199-201.
5. Ponazhev V. P., Rozhmina T. A., Pavlova L. N., Tikhomirova V. Ya., Pozdnyakov B. A., Sorokina O. Yu., Zakharova L. M., Ryzhov A. I., Smirnov A. A., Serkov V. A., Usherovich E. M. *Len i konoplya: zonal'no-adaptivnye sorta i tekhnologii proizvodstva*. [Flax and hemp: zone adaptive varieties and production technologies]. Tver': Tverskoy GU, 2014. 321 p.
6. Bioklimaticheskiy potentsial Rossii: produktivnost' i ratsional'noe razmeshchenie sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v usloviyakh izmeneniya klimata. [Bioclimatic potential of Russia: productivity and rational distribution of agricultural crops in the conditions of climate change]. Pod red. A. V. Gardeeva. Moscow: MSKh RF, 2012. 212 p.
7. Zhuchenko A. A. *Adaptivnyy potentsial kul'turnykh rasteniy (ekologo-geneticheskie aspekty)*. [Adaptive potential of cultivated plants (ecological and genetic aspects)]. Vol. I, II. Moscow: OOO «Izdatel'stvo Agrorus», 2001. 1489 p.
8. Rybas' I. A. *Povyshenie adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur (obzor)*. [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. Goncharova E. A. *Izucheniye ustoychivosti i adaptatsii kul'turnykh rasteniy k abioticheskim stressam na baze mirovoy kolleksii geneticheskikh resursov: nauchnoe nasledie professora G. V. Udovenko*. [Study of the resistance and adaptation of cultivated plants to abiotic stresses on the basis of the world collection of genetic resources: Scientific heritage of Professor G.V. Udovenko]. Pod red. akademika A. A. Zhuchenko. Saint-Petersburg: GNU VIR, 2011. 336 p.
10. Kuryleva A. G. *Adaptivnaya reaktsiya sortov yachmenya pri ekologicheskom ispytaniy v usloviyakh Udmurtskoy Respubliki*. [Adaptive reaction of barley varieties during environmental testing in the Udmurt Republic]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2018;(6(67)):52-57. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.52-57>
11. Mamaev V. V. *Vyyavlenie sortov ozimoy rzhii s ekologicheskoy adresnost'yu dlya yugo-zapada tsentra Rossii*. [Search for varieties of winter rye with environmental targeting for the southwest of central Russia]. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2018;(3):78-83. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-3-78-83>
12. Korolev K. P., Bome N. A. *Otsenka genotipov l'na-dolguntsa (Linum usitatissimum L.) po ekologicheskoy adaptivnosti i stabil'nosti v usloviyakh severo-vostochnoy chasti Belorussii*. [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>
13. Koshcheeva N. S., Batalova G. A., Lyskova I. V., Kraeva S. N. *Rezultaty izucheniya kolleksionnogo materiala l'na-dolguntsa po kriteriyam khozyaystvenno tsennyykh priznakov*. [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;(3(64)):39-43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.39-43>
14. Stepin A. D., Rysev M. N., Ryseva T. A., Utkina S. V., Romanova N. V. *Skrining sortoobraztsov l'na-dolguntsa kolleksii VIR po urozhaynosti l'novolokna i parametram adaptivnosti v usloviyakh Severo-Zapadnogo regiona*. [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>
15. Korepanova E. V., Fatykhov I. Sh. *Ekologicheskaya plastichnost' sortov l'na-dolguntsa v usloviyakh Srednego Predural'ya*. [Ecological plasticity of sorts of long-stalk in the conditions of middle Ural region]. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2012;(4):27-30. (In Russ.).
16. Jankauskiene Z. Results of 90 years of flax breeding in Lithuania. Proc. Latv. Acad. Sci. Sect. B Nat. Exact Appl. Sci. 2014;68(3-4):184-192. DOI: <https://doi.org/10.2478/prolas-2014-0022>

17. Dmitriev A. A., Kudryavtseva A. V., Krasnov G. S., Koroban N. V., Speranskaya A. S., Krinitsina A. A., et al. Gene expression profiling of flax (*Linum usitatissimum* L.) under edaphic stress. BMC Plant Biology. 2016;16(3):237. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0927-9>

18. Dmitriev A. A., Krasnov G. S., Rozhmina T. A., Novakovskiy R. O., Snezhkina A. V., Fedorova M. S., et al. Differential gene expression in response to *Fusarium oxysporum* infection in resistant and susceptible genotypes of flax (*Linum usitatissimum* L.). BMC Plant Biology. 2017;17(2):253. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1192-2>

19. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. *Metodika vyyavleniya potentsial'noy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu urozhaynost'*. [Methods for identifying potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of yield]. *Selektsiya i semenovodstvo*. 1994;(2):3-6. (In Russ.).

20. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. Grop. Sci. 1966;6(1):36-40.

21. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non – stress environments. Grop. Sci. 1981;21(6):27-29.

22. Goncharenko A. A. *Ob adaptivnoy sposobnosti i ekologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kul'tur*. [On adaptivity and ecological resistance of grain crop varieties]. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2005;(6):49-53. (In Russ.).

Сведения об авторах

Трабурова Елена Александровна, младший научный сотрудник, обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Нахимова, д. 21, г. Смоленск, Российская Федерация, 214025, e-mail: info.sml@fncl.ru, e-mail: e.traburova.sml@fncl.ru

✉ **Рожмина Татьяна Александровна**, доктор биол. наук, зав. лабораторией селекционных технологий, обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Луначарского, д. 35, г. Торжок, Российская Федерация, 172002, e-mail: vnii.sekretar@mail.ru,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8204-7341>, e-mail: len_rozhmina@mail.ru

Андреева Ирина Александровна, инженер-исследователь, обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Луначарского, д. 35, г. Торжок, Российская Федерация, 172002, e-mail: vnii.sekretar@mail.ru, e-mail: irina.andreeva.1985@list.ru

Information about the authors

Elena A. Traburova, junior researcher, separate subdivision of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Nahimov St., 21, Smolensk, Russian Federaton, 214025, e-mail: info.sml@fncl.ru, e-mail: e.traburova.sml@fncl.ru

✉ **Tatiana A. Rozhmina**, DSc in Biology, head of the laboratory, separate subdivision of Federal Research Center for Bast FiberCrops, Lunacharsky St., 35, Torzhok, Russian Federaton, 172002, e-mail: vnii.sekretar@mail.ru,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8204-7341>, e-mail: len_rozhmina@mail.ru

Irina A. Andreeva, research engineer, separate subdivision of Federal Research Center for Bast FiberCrops, Lunacharsky St., 35, Torzhok, Russian Federaton, 172002, e-mail: vnii.sekretar@mail.ru, e-mail: irina.andreeva.1985@list.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author