

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИСПЫТАНИЯ СОРТОНОМЕРОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПО УРОЖАЙНОСТИ И АДАПТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТРАБУРОВА Елена Алексеевна, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур»

КОНОВА Аминат Мсостовна, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур»

ГАВРИЛОВА Анна Юрьевна, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур»

ЗУЕВА Светлана Михайловна, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур»

ЧЕХАЛКОВ Сергей Михайлович, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур»

*Представлены результаты экологического испытания селекционных сортономеров льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.), выведенных в условиях Северо-Западного региона, по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Центрально-Нечерноземного региона. Испытывали 3 сортообразца: ЛС-1, ЛС-2 и ЛС-3. В качестве стандарта использовали районированный в регионе высокопродуктивный сорт Импульс отечественной селекции, который внесен в Государственный реестр селекционных достижений в 2003 г. По результатам исследований высокая адаптивность в сочетании с потенциальной продуктивностью получена у номера льна-долгунца ЛС-3 (1,14). При изменяемых метеорологических условиях высокую устойчивость к стрессу имели сортообразец ЛС-2 и сорт Импульс (-0,21 и -0,02 соответственно). Наиболее урожайным в контрастных условиях оказался ЛС-3 (1,84 т/га). Наибольшей отзывчивостью на улучшение условий возделывания обладали номера ЛС-1 (2,20) и ЛС-3 (1,60).*

Введение. Лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.) – основная российская техническая культура, позволяющая в значительной степени решить проблему импортозамещения хлопка, максимально адаптированная к ее почвенно-климатическим условиям [10, 13].

Многопрофильное использование льна и его глубокая переработка в конкурентоспособные товары позволяет удовлетворять потребности различных секторов экономики и населения социально-значимыми товарами [5]. В настоящее время продукция из льна используется в пищевой, текстильной, медицинской, химической промышленности, оборонном комплексе, автомобилестроении, строительстве и других отраслях.

Академик А.А. Жученко к числу основных задач селекции, сортоиспытания и семеноводства относил сочетание высокой потенциальной продуктивности и качества урожая в сочетании с устойчивостью к действию абиотических и биотических стрессов на уровне

сорта, агроценоза, агроэкосистемы и агроландшафта [12].

Для эффективной селекционной работы необходимо иметь набор сортов с высокой потенциальной продуктивностью, обладающих экологической пластичностью и стабильностью в различных агроклиматических условиях произрастания [4, 8].

Агроклиматические условия Смоленской области благоприятны для возделывания растений льна-долгунца. Биологический потенциал урожайности волокна у современных отечественных сортов этой культуры превышает 20 ц/га. Однако чем выше урожайность, тем в большей мере сорта льна подвержены влиянию неблагоприятных факторов среды [11].

По мнению академика А.А. Жученко, чем экстремальнее условия внешней среды и выше потенциальная продуктивность сортов и гибридов, тем выше роль их устойчивости к действию экологических стрес-





сов, агроэкологической специализации, то есть приспособленности к местному климату [9].

Базовый элемент селекционной работы – экологическое исследование и широкое вовлечение в гибридизацию не только лучших современных сортов, но и стародавних кражей, местных и селекционных форм [6].

Цель исследований – изучение селекционного сортономера льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК Северо-западного региона по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности на основе результатов их испытания в условиях Центрально-Нечерноземного региона.

Методика исследований. Опыты проводили на поле обособленного подразделения Смоленского НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК (бывшая Смоленская ГОСХОС) с 2017 по 2018 г. Объектом исследований являлись 3 селекционных сортономера льна-долгунца ЛС-1, ЛС-2, ЛС-3 (ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК). За стандарт был взят среднеспелый высокоурожайный сорт льна-долгунца Импульс селекции Смоленской ГОСХОС.

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса в пахотном горизонте – 2,20 %, содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) – 213 мг/кг почвы, калия (K_2O) – 105 мг/кг почвы, кислотность почвы – слабокислая ($pH_{KCL} - 5,1$). Предшественник – яровые зерновые. Элементы технологии – общеприняты для возделывания льна-долгунца в Смоленской области.

Закладку, наблюдения, учеты и оценку проводили в соответствии с методическими указаниями [7]. Образцы высевали рядовым спосо-

бом. Учетная площадь делянки составила 1 м², повторность – трехкратная.

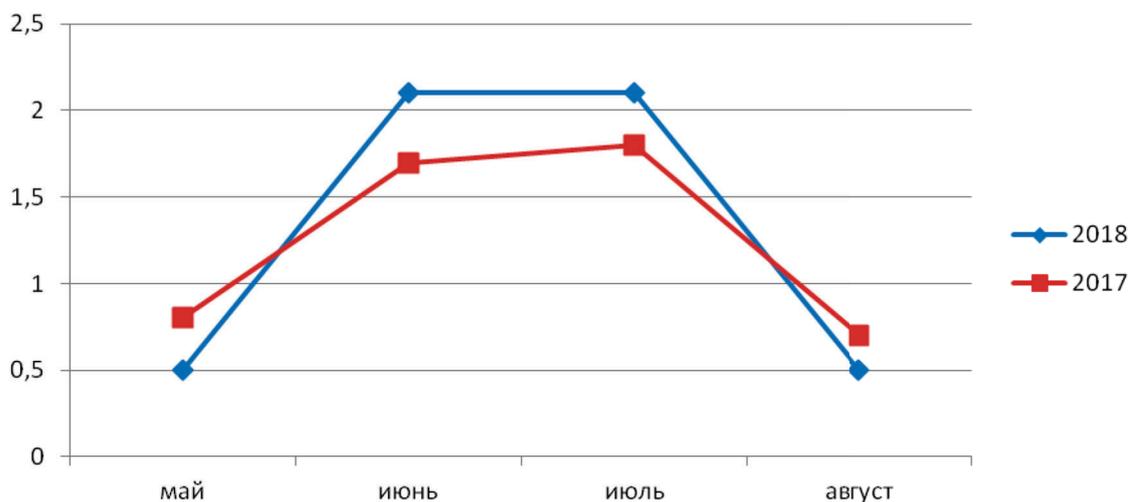
Переувлажнением в критический период роста растений и формирования льноволокна отмечались метеорологические условия 2017 г. (см. рисунок). Наиболее влажными были июнь и июль (79 и 93 мм осадков соответственно). За весь вегетационный период выпало 247 мм осадков. Гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянинову за июнь–июль составил 1,7 и 1,8 соответственно при оптимуме для льна-долгунца 1,3–1,5.

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

Полученные данные были статистически обработаны по Б.А. Доспехову [2] с использованием программы Microsoft Office Excel.

Оценку продуктивного и адаптивного потенциала определяли по методике Л.А. Животкова, З.А. Морозовой, Л.И. Секатуевой [3], индекс условий среды (I_j) и коэффициент регрессии (b_j) по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell [14], показатель стрессоустойчивости и среднюю урожайность в контрастных условиях – по уравнениям А.А. Rosielle, J. Hamblin [15] в изложении А.А. Гончаренко [1].

Результаты исследований. Внедрение в производство сортов с высоким адаптивным потенциалом позволит выращивать льнопродукцию с хорошими качествами в годы различ-



Гидротермический коэффициент вегетационных периодов льна-долгунца (2017 и 2018 гг.)



ные как по увлажнению, так и по тепловому режиму.

Метеорологические условия за период исследований различались по характеру распределения выпавших осадков и сумме температур в течение вегетационного периода, что позволило оценить генетический потенциал изучаемых сортономеров.

Оценку метеорологических условий проводили с использованием индекса условий среды (I_j). Благоприятные условия для развития растений льна-долгунца наблюдались при положительных показателях условий среды, худшие – при отрицательных показателях.

Лучшие условия для формирования льноволокна сложились в 2018 г., на что указывает индекс условий среды $I_j = +0,22$. В 2017 г. сложились неблагоприятные условия с отрицательным индексом $I_j = -0,21$ (табл. 1).

С изменением условий возделывания менялась и урожайность льноволокна испытываемых образцов. Наибольшая средняя сортовая урожайность льноволокна у изучаемых образцов льна-долгунца была получена в 2018 г. на уровне 1,82 т/га при положительном индексе условий. В 2017 г. при отрицательном показателе индекса условий среды она составила 1,40 т/га.

За период исследований (2017–2018 гг.) урожайность льноволокна варьировала в пределах 1,12–2,10 т/га (образцы ЛС–1 и ЛС–3 соответственно). В неблагоприятный по метеорологическим условиям 2017 г. выделился по урожайности льноволокна образец ЛС–3, его доля относительно среднесортowego показателя составила 109 %. В благоприятный 2018 г. превысили среднесортovou урожайность льноволокна на 9–15 % образцы ЛС–1 и ЛС–3.

В неблагоприятных метеорологических условиях потенциальная урожайность прояв-

ляется в слабой степени, но может проявиться их адаптивность. Для объективной оценки номеров по этому параметру использовали коэффициент адаптивности (K_a) по методу Л.А. Животкова [3]. Он определяется сопоставлением урожайности изучаемых образцов не со стандартом, а со «среднесортовой» урожайностью. По полученному коэффициенту адаптивности можно судить о продуктивных возможностях изучаемых образцов. В наших исследованиях он варьировал от 0,95 до 1,14. Высокая адаптивность в сочетании с потенциальной продуктивностью получена у номера ЛС–3 (1,14). Наиболее низкую адаптивность (0,95–0,96) показали сортономера ЛС–1, ЛС–2 и сорт Импульс.

При изменяемых метеорологических условиях важным показателем является их устойчивость к стрессу, уровень которого определяется по разности между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_2 - Y_1$). Этот показатель имеет отрицательный знак и, чем меньше разрыв между максимальной и минимальной урожайностями, тем выше стрессоустойчивость сорта [15]. Высокую устойчивость к стрессу (табл. 2) имели сортообразец ЛС–2 и сорт Импульс. Этот показатель был на уровне $-0,21$ и $-0,02$ соответственно. Сортономера ЛС–1 и ЛС–3 показали стрессоустойчивость ниже – ($-0,59$ и $-0,87$).

Средняя урожайность в контрастных условиях (стрессовых и оптимальных) $(Y_1 + Y_2/2)$ характеризует их генетическую гибкость и компенсаторную способность. Чем выше степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды (метеорологическими, эдафическими и др.), тем выше этот показатель. Наиболее урожайным в контрастных условиях оказался ЛС–3 (1,84 т/га). Он сформировал урожай льноволокна в этих условиях выше среднего (1,61 т/га).

Таблица 1

Оценка сортообразцов льна-долгунца по реализации потенциальной урожайности льноволокна (2017–2018 гг.)

Сортообразец	Урожайность, т/га		Доля урожайности относительно средней сортовой урожайности, %		Коэффициент адаптивности (K_a)
	2017	2018	2017	2018	
ЛС–1	1,12	1,99	80	109	0,96
ЛС–2	1,43	1,64	102	90	0,95
ЛС–3	1,51	2,10	108	115	1,14
Импульс St.	1,52	1,54	109	85	0,95
Сумма	5,58	7,27	Σ 12,85		
Средняя сортовая урожайность	1,40	1,82	100	100	1,00
I_j (индекс среды)	-0,21	+0,22	-	-	-

Оценка сортообразцов льна-долгунца по реализации потенциальной урожайности льноволокна (2017–2018 гг.)

Сортообразец	Стрессоустойчивость ($\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1$)	Урожайность в контрастных условиях, т/га ($\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2/2$)	Пластичность (коэффициент регрессии, b_i)
ЛС-1	-0,87	1,55	2,20
ЛС-2	-0,21	1,53	0,67
ЛС-3	-0,59	1,84	1,60
Импульс St.	-0,02	1,53	0,22

Экологическую адаптивность рассчитывали по коэффициенту регрессии b_i . Коэффициент линейной регрессии урожайности сортов b_i , показывающий их реакцию на изменение условий выращивания, определили согласно модели S.A. Eberhart, W.A. Russell [14]. Сорта, у которых коэффициент регрессии выше единицы, можно отнести к интенсивному типу. Они отличаются большей отзывчивостью на улучшение условий возделывания и в неблагоприятные по погодным условиям годы снижают свою урожайность. Коэффициент регрессии, равный или близкий к нулю, говорит о том, что сорт не реагирует на меняющиеся условия возделывания. Сорта с коэффициентом регрессии меньше 1 относят к нейтральному типу.

Анализ результатов исследований показал, что наибольшей отзывчивостью ($b_i > 1$) на улучшение условий возделывания обладали ЛС-1 (2,20), ЛС-3 (1,60). Данные сортообразцы максимально реализуют свой генетический потенциал в благоприятных условиях. Кроме того, они снижают урожайность в неблагоприятных агрометеорологических условиях.

Сортообразец ЛС-2 и сорт Импульс ($b_i = 0,22$) слабо отзывчивы на изменение условий выращивания ($b_i < 1$). Подобная реакция свойственна сортам экстенсивного и полунтенсивного типов. Они эффективны при возделывании на низких агрофонах и в природно-климатических зонах с жестким характером агрометеорологических условий, так как в меньшей степени снижают свою урожайность по сравнению с сортами интенсивного типа.

Заключение. В ходе проведения экологического изучения в 2017–2018 гг. в условиях Смоленской области получены результаты по урожайности льноволокна – показатели, определяющие их адаптивный потенциал и отзывчивость на условия выращивания.

В неблагоприятный по метеорологическим условиям 2017 г. выделился по урожайности льноволокна образец ЛС-3 (1,51 т/га). В благоприятный 2018 г. – образцы ЛС-1 и ЛС-3,

которые превысили среднесортovou показател урожайности на 9–15 % соответственно. Высокая адаптивность в сочетании с потенциальной продуктивностью была получена у номера ЛС-3 (1,14).

Наиболее урожайным в контрастных условиях оказался ЛС-3 (1,82 т/га). Он сформировал урожай льноволокна в этих условиях выше среднего (1,61 т/га).

Высокую отзывчивость ($b_i > 1$) на улучшение условий возделывания показали сортообразцы ЛС-1 (2,20) и ЛС-3 (1,60). Они максимально реализуют свой генетический потенциал в благоприятных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаренко А.А. Об адаптивной способности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
3. Животков Л.А., Морозова З.А., Секатыева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайности // Селекция и семеноводство. – 1994. – № 2. – С. 3–6.
4. Исходный материал в создании позднеспелого сорта льна-долгунца Феникс / Е.А. Трубадунова [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 11. – С. 36–39.
5. Новые сорта льна-долгунца – основа повышения эффективности отрасли льноводства / Л.Н. Павлова [и др.] // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: сборник научных трудов по материалам Международ. науч.-практ. конф. – Тверь, 2018. – С. 23.
6. Особенности селекции и перспективы применения молекулярно-генетических методов в генетико-селекционных исследованиях льна (*Linum usitatissimum* L.) / И.В. Ущуповский [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – № 5. – С. 602–616.
7. Павлова Л.Н., Рожмина Т.А., Лошакова Н.И. Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца. Методические указания. – Тверь: Тверской гос. ун-т, 2014. – 140 с.



8. Сайнакова А.Б., Литвинчук О.В. Оценка экологической пластичности и стабильности коллекционных образцов овса по массе 1000 зерен // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – № 4 (64). – Т. 3. – С. 72–74.

9. Скрининг сортообразцов льна-долгунца коллекции ВИР по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Северо-Западного региона / А.Д. Степин [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – № 21(2). – С. 141–151.

10. Трабурова Е.А. Скрининг образцов генофонда льна-долгунца в условиях Центрального региона России // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 6(81). – С. 171–178.

11. Трабурова Е.А., Зуева С.М., Чехалков С.М. Хозяйственная ценность нового сорта льна - долгунца Феникс // овременные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса. – Иваново. – 2019. – С. 221–222.

12. 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). – С. 688–696.

13. Устойчивость образцов генофонда льна к эдафическому стрессу / Т.А. Рожмина [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – № 21(2). – С. 133–140.

14. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Grop. Sci., 1966, No. 6(1), P. 36–40.

15. Rossielle A.A., Hamblin J. Theoretikal aspects of selection for yield in stress and non – stress environments // Grop. Sci., 1981, No. 21(6), P. 27–29.

Трабурова Елена Алексеевна, младший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур». Россия.

Коновая Аминат Мсостовна, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур». Россия.

Гаврилова Анна Юрьевна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур». Россия.

Зуева Светлана Михайловна, старший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур». Россия.

Чехалков Сергей Михайлович, старший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур». Россия.

214025, г. Смоленск, ул. Нахимова, 21.

Тел.: 89203007485; e-mail: augavrilova@gmail.com.

Ключевые слова: *Linum usitatissimum* L.; продуктивность; урожайность; льноволокно; пластичность; стабильность.

RESULTS OF ECOLOGICAL TESTING VARIETY NUMBERS OF FIBER-FLAX CULTIVARS FOR YIELD AND ADAPTABILITY IN THE CONDITIONS OF THE NON-CHERNOZEM ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Trabyrova Elena Alexandrovna, Junior Researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops. Russia.

Konova Aminat Msostovna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops. Russia.

Gavrilova Anna Yurievna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops. Russia.

Zueva Svetlana Mikhailovna, Senior Researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops. Russia.

Chehalkov Sergey Mikhailovich, Senior Researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops. Russia.

Keywords: *Linum usitatissimum* L.; productivity; yield; flax fiber; plasticity; stability.

The article presents the results of an ecological test of selection numbers of fiber-flax (*Linum usitatissi-*

mum L.), bred in the conditions of the North-Western region, on the yield of flax fiber and the parameters of adaptability in the conditions of the Central Non-chernozem region. We tested 3 variety numbers: LS-1, LS-2 and LS-3. As a standard, we used a highly productive Impulse variety zoned in the region, of domestic selection, which was entered in the State Register of Breeding Achievements in 2003. According to the results of the studies, high adaptability in combination with potential productivity was obtained in the number of fiber-flax LS – 3 (1,14). Under variable meteorological conditions, the LS – 2 variety number and the Impulse variety had high resistance to stress (- 0.21 - 0.02, respectively). The most productive in contrast conditions was LS-3 (1.84 t / ha). The numbers LS – 1 (2.20) and LS – 3 (1.60) were the most responsive to the improvement of cultivation conditions.

