

ИСПЫТАНИЕ СОРТОНОМЕРОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПО УРОЖАЙНОСТИ ЛЬНОВОЛОКНА И ПАРАМЕТРАМ АДАПТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2023. Е. А. Трабурова, С. М. Зуева, С. М. Чехалков
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»
г. Тверь, Российская Федерация

Цель работы заключалась в изучении селекционных сортономеров льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Центрального региона Нечерноземной зоны РФ. Объектами исследований являлись 3 сортообразца ЛС–1, ЛС–2, ЛС–3, которые сравнивали со стандартом Импульс. Сорт льна-долгунца Импульс среднеспелый, высокоурожайный, селекции ОП Смоленский НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК. Исследования проводили на дерново-подзолистой, среднесуглинистой слабокислой почве со средним содержанием гумуса в пахотном горизонте, высоким содержанием подвижных форм фосфора и средним калия. Наибольшая средняя сортовая урожайность льноволокна (189 г/м^2) у изучаемых селекционных образцов была получена в 2019 году при положительном индексе условий ($I_j = +25,1$), а наименьшая (140 г/м^2) – в 2017 году при отрицательном индексе среды ($I_j = -40,1$). В неблагоприятный по индексу условий среды 2017 год и в контрастных условиях выделился по урожайности льноволокна сортообразец ЛС–3, превысив среднесортовой показатель на 9 и 6,5% соответственно. У ЛС–3 отмечена высокая адаптивность в сочетании с потенциальной продуктивностью при коэффициенте регрессии $b_i = 0,96$, что показывает полное соответствие урожайности номера изменению условий возделывания. Меньший размах урожайности (d) получен у ЛС–2 – 16,7, наряду с лучшим показателем стабильности ($S_i^2 = 12,8$). Высокой отзывчивостью на улучшение условий возделывания ($b_i > 1$) обладал образец ЛС–1 ($b_i = 1,52$). В результате по комплексу показателей самым ценным из исследуемых сортообразцов являлся ЛС–3.

Ключевые слова: лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.), продуктивность, льноволокно, адаптивность, пластичность, сортономер.

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема FGSS-2019-0022). Авторы благодарят экспертов за их вклад в экспертную оценку работы.

Для цитирования: Трабурова Е.А., Зуева С.М., Чехалков С.М. Испытание сортономеров льна-долгунца по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Смоленской области. Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2023; 3(3): (36-41). DOI: 10.54016/SVITOK.2023.39.76.005.

Поступила: 10.05.2023 Принята к публикации: 02.08.2023 Опубликована: 29.09.2023

TESTING OF FLAX VARIETY NUMBERS ON FLAX FIBER YIELD AND ADAPTABILITY PARAMETERS IN THE CONDITIONS OF THE SMOLENSK REGION

© 2023. E.A. Trabuova, S.M. Zueva, S. M. Chehalkov
Federal Research Center for Bast Fiber Crops
Tver, Russian Federation

The purpose of the work was to study the selection variety numbers of flax (*Linum usitatissimum* L.) of a separate subdivision of the Flax Research Institute of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops on flax fiber yield and adaptability parameters in the conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. The objects of research were 3 variety numbers of LS–1, LS–2, LS–3, which were compared with the Impulse standard. The flax variety Impulse is medium-ripened, high-yielding, of the selection of the Smolensk Research Institute of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops.

The studies were carried out on sod-podzolic, medium loamy slightly acidic soil with an average humus content in the arable horizon, a high content of mobile forms of phosphorus and an average of potassium. The highest average varietal yield of flax fiber (189 g/m²) in the studied selection variety numbers of flax was obtained in 2019 with a positive index of conditions ($I_j = + 25.1$), and the lowest (140 g/m²) – in 2017 with a negative index of the environment ($I_j = - 40.1$). In 2017, unfavorable according to the environmental conditions index and in contrasting conditions, the LS–3 variety pattern stood out in terms of flax fiber yield, exceeding the average port indicator by 9 and 6.5%, respectively. LS–3 has a high adaptability in combination with potential productivity, a regression coefficient ($b_i = 0.96$), which shows that the yield of the number fully corresponds to the change in cultivation conditions. A smaller yield range (d) was obtained in LS–2 – 16.7, along with a better stability indicator ($S_i2 = 12.8$). The LS–1 variety number ($b_i = 1.52$) was highly responsive to the improvement of cultivation conditions ($b_i > 1$). As a result, according to a set of indicators, the most valuable of the studied variety samples was LS–3.

Keywords: flax (*Linum usitatissimum* L.), productivity, yield, flax fiber, plasticity, variety number.

Acknowledgments: the work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Task of the Federal State Budgetary Research Institution “Federal Research Center for Bast Fiber Crops” (topic FGSS-2019-0022).

For citation: Traburova E.A., Zueva S.M., Chehalkov S.M. Testing of flax variety numbers on flax fiber yield and adaptability parameters in the conditions of the Smolensk region. Technical crops. Scientific agricultural journal. 2023; 3(3): (36-41). DOI: 10.54016/SVITOK.2023.39.76.005.

Received: 10.05.2023 Accepted for publication: 02.08.2023 Published: 29.09.2023

Введение. Лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.) является важнейшей технической прядильной культурой комплексного использования, продукция которого (волокно, семена, костра) в качестве сырья широко используется в различных отраслях народного хозяйства, и позволяет в значительной степени решить проблему импортозамещения хлопка [8, 10].

К числу основных задач селекции, сортоиспытания и семеноводства академик А.А. Жученко относил сочетание высокой потенциальной продуктивности и качества урожая с устойчивостью к действию абиотических и биотических стрессов на уровне сорта, агроценоза, агроэкосистемы [11].

Природные условия Смоленской области исторически считаются благоприятными для роста и развития растений льна-долгунца. За счет внедрения новых высокопродуктивных сортов льна-долгунца достигнут рост урожайности волокна более чем на 30%. Однако, чем выше урожайность, тем в большей мере сорта льна подвержены влиянию неблагоприятных факторов среды [7, 12].

Современная отечественная селекция сортов ориентирована на раннеспелость, высокую урожайность, адаптивность к комплексу абиотических, биотических и антропогенных факторов. Повышению эффективности селекционной работы по созданию

сортов интенсивного типа благоприятствует использование в качестве исходных форм образцов, сочетающих в себе высокую урожайность и устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам [6, 5].

Цель исследований заключалась в изучении селекционных сортономеров льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Центрального региона Нечерноземной зоны РФ.

Методика исследований. В исследованиях, проведенных на поле обособленного подразделения Смоленского НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК (п. Стодолище) в период 2017 – 2019 гг., участвовало 3 селекционных сортономера льна-долгунца. В качестве стандарта использован среднеспелый, высокоурожайный сорт льна-долгунца Импульс селекции ОП Смоленский НИИСХ.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая со следующей агрохимической характеристикой: содержание гумуса в пахотном горизонте – 2,20%, содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) – 213-236 мг/кг почвы, калия (K_2O) – 105-123 мг/кг почвы, кислотность почвы (pH_{KCL} – 5,0-5,4). Предшественник – яровые зерновые.

Закладку опыта, наблюдения, учеты и

оценку проводили в соответствии с методическими указаниями [9]. Образцы высевали рядовым способом. Учетная площадь делянки составляла 1 м², повторность – трехкратная.

В лабораторных условиях проводили учет соломы и семян. Содержание волокна в соломе определяли методом тепловой мочки.

Анализ погодных условий в период вегетации проводили по данным метеостанции г. Рославля, расположенной в непосредственной близости [1].

Прохладные с избыточным количеством осадков погодные условия в период всходы – бутонизация (в июне и июле ГТК составил 1,7 и 1,8 соответственно) 2017 года привели к уплотнению почвы и нарушению ее воздухопроницаемости, что отрицательно сказалось на показателях, определяющих урожайность льноволокна.

Период вегетации 2018 года был теплым и дождливым, что положительно сказалось на развитии растений льна-долгунца. За вегетационный период выпало 286 мм осадков, ГТК составил 1,3.

В 2019 г. в июне температура воздуха была на 3,9 °С выше нормы, при этом обеспеченность влагой оказалась достаточной (ГТК = 1,1) для получения высоких урожаев волокнистой льнопродукции, что положительно отразилось на росте растений и объеме урожайности.

Полученные данные были обработаны статистически по Б.А. Доспехову [2].

Оценку продуктивного и адаптивного потенциала определяли по методике Л.А. Животкова, З.А. Морозовой, Л.И. Секатуевой [4], индекс условий среды (I_j) и коэффициент регрессии (b_i) по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell [13], показатель стрессоустойчивости и среднюю урожайность в контрастных условиях – по уравнениям А.А. Rosielle, J. Hamblin [17] в изложении А.А. Гончаренко [2]. Показатель стабильности (Si^2) рассчитывали на основе средней урожайности и индекса среды.

Результаты и их обсуждение. Погодные условия за годы опытов характеризовались разнообразием и наиболее полно отражали особенности региона, что позволило оценить генетический потенциал изучаемых сортономеров. Оценку метеорологических ус-

ловий проводили с использованием индекса условий среды (I_j). Лучшие условия для роста и развития растений льна-долгунца складывались при положительных показателях условий среды, худшие – при отрицательных.

Из анализа индексов условий среды следует (табл. 1), что наиболее благоприятными для формирования урожайности льноволокна были условия в 2019 году ($I_j = + 25,1$), в 2018 году они были менее благоприятными ($I_j = + 15,4$), а в 2017 году – сложились крайне неблагоприятными ($I_j = - 40,1$).

Наибольшая средняя сортовая урожайность льноволокна у изучаемых селекционных образцов льна-долгунца (189 г/м²) была получена в 2019 году при положительном индексе условий (+ 25,1), а наименьшая (140 г/м²) – в 2017 году при отрицательном индексе среды (- 40,1). В 2018 году урожайность льноволокна составила 182 г/м² при индексе среды +15,4.

За период исследований 2017–2019 гг. урожайность льноволокна варьировала в пределах 112 – 211 г/м² (образцы ЛС–1 и ЛС–3 соответственно), а по средним данным от 156 до 191 г/м² (сорт стандарт Импульс и ЛС–3). В неблагоприятный по индексу условий среды 2017 год выделился по урожайности льноволокна образец ЛС–3, превысивший среднесортовой показатель по урожайности на 9%. В благоприятный по агрометеорологическим условиям 2019 год по урожайности льноволокна превысили среднесортовой показатель на 11% образцы ЛС–1 и ЛС–3.

В неблагоприятных погодных условиях потенциальная урожайность проявляется в слабой степени, но может проявиться их адаптивность. Для объективной оценки сортономеров по этому параметру использовали коэффициент адаптивности (K_a), который представляет собой сопоставление урожайности изучаемых образцов со «среднесортовой» урожайностью. По полученному коэффициенту адаптивности можно судить о продуктивных возможностях изучаемых образцов. В наших исследованиях коэффициент адаптивности варьировал от 0,30 до 0,40 (табл. 2). Высокая адаптивность в сочетании с потенциальной продуктивностью была отмечена у номера ЛС–3 (0,40). Более низкая адаптивность наблюдалась у сортономеров ЛС–1 (0,34), ЛС–2 (0,31).

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

Название сортообразца	Урожайность, г/м ²				Доля урожайности относительно средней сортовой урожайности, %		
	2017	2018	2019	Y _i	2017	2018	2019
ЛС – 1	112	200	210	174	80,1	110,0	111,1
ЛС – 2	144	164	173	160	103,0	90,2	91,5
ЛС – 3	151	210	211	191	108,1	115,5	111,6
Импульс ст.	152	153	162	156	109,0	84,2	85,7
Средняя сортовая урожайность	140	182	189	170	100	100	100
I _j (индекс среды)	-40,1	+15,4	+25,1		-	-	-

При постоянно меняющихся метеоусловиях важным показателем является их устойчивость к стрессу. Этот параметр имеет отрицательный знак, и чем меньше разрыв между максимальной и минимальной урожайностями, тем выше стрессоустойчивость сорта [14]. Наиболее высокую устойчивость к стрессу проявили сортообразец ЛС–2 и сорт стандарт Импульс, их значения варьировали от -10 до -2, что показывает широту диапазона их приспособительных возможностей. Наименьшая устойчивость к стрессу (-60 ... -98) отмечена у ЛС–1 и ЛС–3.

Средняя урожайность в контрастных условиях характеризует их генетическую гибкость и компенсаторную способность. Чем больше данный показатель, тем выше степень соответствия между потенциальными возможностями генотипа сорта и различными факторами среды (метеорологическими, эдафическими и др.). Наиболее урожайным в контрастных условиях оказался сортообразец ЛС–3, который сформировал урожай льноволокна в этих условиях выше среднего сортового на 6,5%.

Размах урожайности (d) показывает отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью сорта к максимальной, выраженной в процентах. Чем ниже показатель d, тем стабильнее урожайность сорта в данных условиях. Лучшим по этому показателю был образец ЛС–2 (16,7), а худшим – ЛС–1 (46,7).

Экологическую адаптивность рассчитывали по коэффициенту линейной регрессии b_i , который показывает реакцию сортов на изменение условий выращивания.

Как показали результаты исследований, наибольшей отзывчивостью ($b_i > 1$) на улучшение условий возделывания обладал образец льна-долгунца ЛС–1 (1,52). Такая реакция на условия среды позволила ему сформировать высокую среднюю урожайность. Сорта с такими характеристиками относят к интенсивному типу, они максимально реализуют свой генетический потенциал в благоприятных агрометеорологических условиях, наряду с этим, значительно снижают урожайность в неблагоприятных агрометеорологических условиях. Коэффициент вариации урожайности льна-долгунца у данного сортомера был самый высокий.

У образца ЛС–3 коэффициент регрессии был близок к 1, что говорит о полном соответствии урожайности сортов изменению условий возделывания.

Сортообразец ЛС–2 и стандарт Импульс слабо отзывчивы на изменение условий выращивания ($b_i < 1$). Подобная реакция свойственна сортам экстенсивного и полунинтенсивного 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. Данный набор образцов может служить в качестве исходного материала для создания биотипов разной степени интенсивности и экологической пластичности.

Показатель стабильности (S_i^2) характеризуется отклонением фактических урожаев от теоретических. Чем меньше квадратическое отклонение фактических урожаев от теоретических,

тических (коэффициент стабильности), тем стабильнее сорт. По данному показателю в изучаемом наборе сортономеров наиболее стабильными по урожайности волокна являлись образцы ЛС–1 и ЛС–2 (11,2 и 12,8 соответственно).

Таблица 2 – Оценка сортообразцов льна-долгунца по параметрам адаптивности (2017–2019 гг.)

Название сортообразца	КА	d	$Y_2 - Y_1$	$(Y_1 + Y_2/2)$	bi	Si ²
ЛС – 1	0,34	46,7	-98	161	1,52	11,2
ЛС – 2	0,31	16,7	-29	159	0,41	12,8
ЛС – 3	0,40	28,4	-60	181	0,96	35,1
Импульс st.	0,30	6,2	-10	157	0,11	32,4

Примечания: КА – коэффициент адаптивности, d – размах урожайности, $Y_2 - Y_1$ – стрессоустойчивость, $Y_1 + Y_2/2$ – генетическая гибкость, bi – коэффициент линейной регрессии, Si² – стабильность.

Выводы. Результаты исследований показали, что самой ценной из исследуемых образцов можно считать выделившуюся линию ЛС–3. Она в неблагоприятный по индексу условий среды 2017 год и в контрастных условиях отличалась по урожайности льноволокна, превысив среднесортовой показатель на 9 и 6,5% соответственно. А сорт стандарт

Импульс она превышала по урожайности волокна в 2018–2019 гг. более чем на 15%, в 2017 году урожайность была на уровне стандарта (151 г/м²). ЛС–3 обладает высокой адаптивностью в сочетании с потенциальной продуктивностью, благодаря чему показывает полное соответствие урожайности к изменению условий возделывания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архив погоды в Рославле. URL: http://gr5.ru/archive.php?wmo_id=26882&lang=ru (дата обращения 18.12.2022).
2. Гончаренко А.А. Об адаптивной способности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2005. – № 6. – С. 49-53.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: С основами статистической обработки результатов исследований. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
4. 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. – С. 3-6.
5. Курдакова О.В., Иванова С.В. Сравнительное изучение перспективных сортономеров клевера лугового в условиях Смоленской области // Аграрный научный журнал. – 2021. – №9. – С. 30-33.
6. Левакова О.В., Ерошенко Л.М., Ромашин М.М., Ерошенко А.Н., Ерошенко Н.А., Дедушев И.А., Болдырев М.А. Оценка зерновой продуктивности и адаптивности отечественных и зарубежных сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны РФ // Аграрный научный журнал. – 2021. – №3. – С. 30-33.
7. Понажев В.П., Виноградова Е.Г. Развитие селекции и семеноводства льна-долгунца – важнейший ресурс повышения эффективности льноводства России // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 1(2). – С. 30-39. DOI:10.54016/SVITOK.2022.71.55.004

8. Степин А.Д., Рысев М.Н., Рысева Т.А., Уткина С.В., Романова Н.В. Реакция сортов льна-долгунца на нормы высева, сроки сева и оптимизацию минерального питания на дерново-подзолистых среднеокультуренных почвах в условиях Псковской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – № 21(6). – С. 764-776.
9. Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца. Методические указания / Л.Н. Павлова, Т.А. Рожмина, Н.И. Лошакова. – Тверь: Тверской гос. ун-т, 2014. – 140 с.
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., Конова А.М., Гаврилова А.Ю. Исходный материал в создании позднеспелого сорта льна-долгунца Феникс // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 11. – С. 36-39.
12. Трабурова Е.А., Рожмина Т.А. Результаты изучения коллекционных образцов льна-долгунца в Центральном регионе Нечерноземной зоны России // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т.36. – № 3. – С. 79-84.
13. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Grop. Sci. – 1966. – No. 6(1). – Pp. 36-40.
14. Rossielle A.A., Hamblin J. Theoretikal aspects of selection for yield in stress and non – stress environments // Grop. Sci. – 1981. – No. 21(6). – Pp. 27-29.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Трабурова Елена Алексеевна, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 17/56, Комсомольский проспект, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: e.traburova.sml@fncl.ru

Зуева Светлана Михайловна, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 17/56, Комсомольский проспект, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: s.zueva.sml@fncl.ru

Чехалков Сергей Михайлович, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 17/56, Комсомольский проспект, г. Тверь, Россий-

ская Федерация, 170041, e-mail: s.chekhalkov.sml@fncl.ru

Elena A. Traburova, junior researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky pr., Tver, Russian Federation, 170041, e-mail: e.traburova.sml@fncl.ru

Svetlana M. Zueva, senior researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky pr., Tver, Russian Federation, 170041, e-mail: s.zueva.sml@fncl.ru

Sergej M. Chehalkov, senior researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky pr., Tver, Russian Federation, 170041, e-mail: s.chekhalkov.sml@fncl.ru