

Научная статья

УДК 633.52(470.2)

EDN JOKICC

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-4-36-50>

**Оценка перспективных линий льна-долгунца  
по основным селекционно-значимым признакам, пластичности  
и адаптивности в условиях Северо-Западного региона России**

**Александр Дмитриевич Степин<sup>1</sup>, Михаил Николаевич Рысев<sup>2</sup>,  
Тамара Андреевна Рысева<sup>3</sup>, Светлана Владимировна Уткина<sup>4</sup>,  
Юлия Николаевна Звоникова<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Федеральний научный центр лубяных культур, Тверская область, Тверь, Россия

<sup>1</sup> [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), <sup>2</sup> [m.rysev.psk@fncl.ru](mailto:m.rysev.psk@fncl.ru), <sup>3</sup> [t.ryseva.psk@fncl.ru](mailto:t.ryseva.psk@fncl.ru),

<sup>4</sup> [s.utkina.psk@fncl.ru](mailto:s.utkina.psk@fncl.ru), <sup>5</sup> [j.zvonikova.psk@fncl.ru](mailto:j.zvonikova.psk@fncl.ru)

**Аннотация.** Целью сравнительных исследований являлась оценка перспективных линий льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) по комплексу селекционно-значимых признаков и их адаптивности в условиях Северо-Западного региона России. Исследования проводились в 2020–2022 г. на дерново-подзолистой, окультуренной, легкосуглинистой почве. Метеорологические условия в эти годы заметно различались: гидротермический коэффициент за период вегетации был равен в 2020 г. – 1,05; в 2021 г. – 2,07; а в 2022 г. – 1,43. Доля влияния условий года достоверно преобладала на формирование высоты растений (76,4 %), продолжительности вегетационного периода (59,7 %), урожайности льносемян (71,9 %), соломы (56,2 %) и волокна (39,2 %), а доля генотипа – в формировании содержания волокна в стебле (69,9 %). На основании трехлетних данных по комплексу признаков выделены две лучшие линии: П-4880-6-3в-5 и П-4828-1-5б-7, раннеспелые (74; 72 дня), с устойчивостью к полеганию (4,7; 4,8 балла) и болезням (90,3; 98,8 %); превосходящие стандарт по урожайности соломы (43,8 ц/га) на 8 и 2 ц/га; с высоким содержанием волокна (38,2; 39,4 %) и урожайностью волокна (19,7; 18,0 ц/га), достоверно превосходя стандарт на 7,3 и 10,7; 27,1 и 16,1 % соответственно. Эти линии обладают наибольшим адаптивным потенциалом: низкой вариабельностью признаков, высокой реализацией потенциала продуктивности, пластичностью, стрессоустойчивостью и общей адаптивной способностью. Их использование в качестве исходного материала позволит создавать новые высокопродуктивные сорта льна-долгунца с широким адаптивным потенциалом в условиях Северо-Западного региона РФ.

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

**Благодарности:** авторы выражают благодарность рецензентам статьи за их вклад в экспертную оценку данной работы.

**Финансирование:** работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания Федеральному научному центру лубяных культур в соответствии с темой № FGSS-2024-0001.

**Для цитирования:** Степин А. Д., Рысев М. Н., Рысева Т. А., Уткина С. В., Звоникова Ю. Н. Оценка перспективных линий льна-долгунца по основным селекционно-значимым признакам, пластичности и адаптивности в условиях Северо-Западного региона России // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 4. С. 36–50. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-4-36-50>.

## Original article

**Evaluation of promising long-stalked flax lineages  
according to the main selective significant traits, plasticity  
and adaptability in the conditions of the North-West region of Russia**

**Alexander D. Stepin<sup>1</sup>, Mikhail N. Rysev<sup>2</sup>, Tamara A. Ryseva<sup>3</sup>,  
Svetlana V. Utkina<sup>4</sup>, Yulia N. Zvonikova<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver region, Tver, Russian Federation

<sup>1</sup> [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), <sup>2</sup> [m.rysev.psk@fncl.ru](mailto:m.rysev.psk@fncl.ru), <sup>3</sup> [t.ryseva.psk@fncl.ru](mailto:t.ryseva.psk@fncl.ru),

<sup>4</sup> [s.utkina.psk@fncl.ru](mailto:s.utkina.psk@fncl.ru), <sup>5</sup> [j.zvonikova.psk@fncl.ru](mailto:j.zvonikova.psk@fncl.ru)

**Abstract.** The purpose of comparative studies was to evaluate promising lineages of long-stalked flax (*Linum usitatissimum* L.) according to a set of selective significant traits and their adaptability in the conditions of the North-West region of the Russian Federation. The research was carried out in 2020–2022 on sod-podzolic, cultivated, light loamy soil. Meteorological conditions in these years differed markedly: the HTC for the growing season was 1,05 in 2020; 2,07 in 2021; 1,43 in 2022. The share of the influence of the conditions of the year significantly prevailed on the plant height formation (76,4%), the growing season duration (59,7%), the flax seed yield (71,9%), straw (56,2%) and fiber (39,2%); and the share of genotype in the formation of fiber content in the stem (69,9%). Based on three-year data on the set of traits, two best lineages were identified: P-4880-6-3b-5 and P-4828-1-5b-7, early maturing (74; 72 days), with resistance to lodging (4,7; 4,8 points) and diseases (90,3; 98,8%); exceeding the standard in straw yield (43,8 c/ha) by 8 and 2 c/ha; with a high fiber content (38,2; 39,4%) and fiber yield (19,7; 18,0 c/ha), significantly exceeding the standard by 7,3 and 10,7%; 27,1 and 16,1%, respectively. These lineages had the greatest adaptive potential: low variability of traits, high realization of productivity potential, plasticity, stress resistance and general adaptive ability. Using these lineages as a starting material will make it possible to create new highly productive varieties of long-stalked flax with a wide adaptive potential in the conditions of the North-West region of the Russian Federation.

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

**Acknowledgments:** the authors express their gratitude to the reviewers of the article for their contribution to the expert evaluation of this work.

**Funding:** the work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment to the Federal Scientific Center for Bast Crops in accordance with the topic No. FGSS-2024-0001.

**For citation:** Stepin A. D., Rysev M. N., Ryseva T. A., Utkina S. V., Zvonikova Yu. N. Evaluation of promising long-stalked flax lineages according to the main selective significant traits, plasticity and adaptability in the conditions of the North-West region of Russia. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2024;18;4:36–50. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-4-36-50>.

**Введение.** В последние годы во всем мире значимость льна-долгунца для народного хозяйства все более возрастает, продукция из натуральных волокон пользуется большим спросом. Лен-долгунец является важнейшей безотходной технической прядильной культурой, которая дает три вида продукции: семена, волокно и костру. Волокно обладает набором уникальных свойств, из него изготавливают различные бытовые и технические ткани, характеризующиеся большой прочностью

и долговечностью. Им свойственны высокие гигиенические качества [1–3].

Льняное масло стало больше использоваться в пищу как источник полиненасыщенных жирных кислот, а также на технические цели для приготовления красок, лаков и олифы. Образующиеся при обмолоте и переработке льносемян жмых и мякина могут быть ценным источником белка для животных. Льняная костра, которая на 64 % состоит из целлюлозы, служит сырьем для производства бумаги, упаковоч-

ного и технического картона, фурфурола, вискозы, целлулоида. Из костры соломы изготавливают костроплиты, технический этиловый спирт, ацетон [4].

Производимая из льна-долгунца продукция широко используется в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в высокотехнологичных отраслях экономики и оборонной промышленности [5, 6]. Однако объемы ее производства не удовлетворяют потребности перерабатывающей промышленности.

В последние десятилетия посевы льна-долгунца сократились до 40 тыс. га, а объемы производства волокнистой продукции снизились до 37 тыс. тонн, при ежегодной потребности внутреннего рынка более 130 тыс. тонн [7, 8]. Низким остается и качество льнотресты, соответствующее первому сортономеру.

В развитии льноводства, повышении его эффективности, увеличении валовых сборов льноволокна важную роль играет использование в посевах современных высокопродуктивных сортов льна-долгунца, что позволяет в короткий срок и без дополнительных затрат повысить урожайность льнопродукции на 25–30 % и более, улучшить ее качество [9–11].

В настоящее время имеется достаточно сортов льна-долгунца, как отечественной, так и иностранной селекции, с урожайностью волокна 20–25 ц/га, льносемян – 10–12 ц/га и более. Однако в производственных условиях их биологический потенциал реализуется не более чем на 30–45 %. Средняя урожайность льноволокна в последние годы находится в пределах 7–9 ц/га.

Это в большей степени обусловлено влиянием неблагоприятных факторов среды [12, 13]. При этом нередки случаи возврата холодов в весенний период и начале лета, краткосрочные засухи, сильная жара, обильные осадки со шквалистыми ветрами и другое [13, 14]. В последнее время наблюдается увеличение частоты и продолжительности указанных явлений.

В создавшихся современных условиях урожайность и качество льнопродукции во многом будут зависеть от успехов селекции в создании сортов и гибридов, устойчивых к этим неблагоприятным явлениям погоды [11].

Данное направление селекции сельскохозяйственных культур является приоритетным в настоящее время [15]. Задача по созданию высокопродуктивных, раннеспелых сортов льна-долгунца с высоким содержанием и качеством волокна, устойчивых к полеганию и опасным болезням, а также к неблагоприятным факторам среды является актуальной [16–18]. При этом отдавать предпочтение следует сортам с максимальной экологической пластичностью [19, 20].

Селекционные методы в льноводстве основаны на традиционных приемах – гибридизации с последующим целенаправленным индивидуальным отбором в расщепляющихся популяциях [21–23]. Для создания конкурентоспособных сортов важно подобрать в качестве родительских форм источники, адаптированные к почвенно-климатическим условиям конкретной зоны; иметь представление о варьировании того или иного признака, корреляционных связей между ними. Это позволит ускорить селекционный процесс, проводить целенаправленный отбор нужных генотипов, повысить его результативность. Таких исследований в области селекции льна-долгунца проводится недостаточно, что и предопределило актуальность нашей работы.

**Целью исследований** явилась комплексная оценка сортов и перспективных линий льна-долгунца по основным селекционно-значимым признакам, пластичности и адаптивности в условиях Северо-Западного региона России.

**Научная новизна исследований** состоит в выделении перспективных линий льна-долгунца, обладающих наибольшей продуктивностью и адаптивностью, использование которых в дальнейшей селекционной работе в качестве исходного материала будет способствовать созданию новых высокопродуктивных сортов льна-долгунца с широким адаптивным потенциалом.

**Материал и методы исследований.** Исследования проводились на опытном поле Псковского научно-исследовательского института сельского хозяйства (обособленное подразделение Федерального научного центра лубяных культур) в течение 2020–2022 г.

Объектом исследований являлись перспективные линии, изучавшиеся в питомнике селекционного сортоиспытания:

П-4528-1-56-7 (М-61×Хваля);

П-4877-11-1в-7 (Добрыня × П-4120 т-3);

П-4880-6-3в-5 (П-4120 т-3 × Пересвет).

Также объектом исследований выступал ультра раннеспелый сорт Восход селекции института. В качестве стандарта использовался районированный в регионе раннеспелый сорт Добрыня селекции института.

Опыты закладывались на дерново-слабоподзолистой, легкосуглинистой почве, с высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) – 190–366 мг/кг почвы; средним и повышенным содержанием обменного калия ( $K_2O$ ) – 89–146 мг/кг почвы (по Кирсанову); средним содержанием гумуса – 2,3–2,6 % (по Тюрину); со слабокислой реакцией почвенного раствора ( $pH_{\text{сол.}}$  – 5,0–5,2).

Предшественник – многолетние травы. После уборки многолетних трав поле было обработано гербицидом сплошного действия Торнадо-540 (действующее вещество – глифосат) с нормой расхода, составляющей 2,5 л/га. Затем проводили дискование пласта многолетних трав дискатором БДМ-У-3×2П и зяблевую вспашку на глубину 20–22 см. Весной выполняли боронование для закрытия влаги в почве, обработку дискатором с планчатыми катками и прикатывание гладкими катками перед посевом и после посева. В качестве удобрений использовали азофоску (16:16:16) в дозе 1,5 ц/га, которую вносили перед дискованием.

Исследования проводились в соответствии с методическими указаниями по селекции и первичному семеноводству льна-долгунца [8]. Питомники закладывали во второй декаде мая, норма высева составляла 21 млн. всхожих семян на гектар. Площадь делянки – 25 м<sup>2</sup>, повторность опыта – четырехкратная. Убирали лен-долгунец вручную. Использован сплошной, поделяночный метод учета. Определение содержания льноволокна в стеблях проводили методом тепловой мочки; качество оценивали по стандартной методике.

При статистической обработке данных урожайности определяли коэффици-

ент вариации (CV%), долю влияния сорта и абиотических условий на формирование признаков продуктивности, проводили дисперсионный анализ по методике, изложенной Б. А. Доспеховым [24].

Также нами были использованы следующие методики расчета показателей:

индекс условий среды ( $I_j$ ) – по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell [25];

стрессоустойчивость ( $Y_2 - Y_1$ ) и генетическая гибкость ( $(Y_1 + Y_2)/2$ ) – по уравнениям A. A. Rosielle, J. Hamblin [26];

коэффициент адаптивности (КА) – по методу Л. А. Животкова [27];

общая адаптивная способность (ОАС) – по методике А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой [28].

*Метеорологические условия в период исследований.* В годы проведения исследований метеорологические условия существенно различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков (табл. 1).

Одной из особенностей вегетационного периода 2020 г. была недостаточная увлажненность. Среднесуточная температура воздуха в целом за сезон находилась на уровне среднемноголетней (16,0 °C), а количество осадков составило 206,5 мм (65 % от нормы); гидротермический коэффициент (ГТК) равен 1,05.

Особенно засушливые условия сложились в июне (ГТК = 0,74), когда среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетнюю (15,8 °C) на 3,7 °C, а количество осадков было почти в два раза ниже нормы. Гидротермический коэффициент июля близок к оптимальному (1,25). Отмечено, что среднесуточная температура августа была на уровне среднемноголетней (16,0 °C), осадков выпало 50 мм (53 % от нормы). Условия для формирования и созревания семян, уборки урожая были нормальными.

Большой контрастностью отличались метеоусловия в 2021 г. Среднесуточная температура воздуха в целом за вегетационный период (17,4 °C) была выше среднемноголетней на 1,6 °C; сумма осадков составила 376,4 мм (118 % от нормы). При этом гидротермический коэффициент оказался равен 2,07 (при оптимальных значениях для льна-долгунца от 1,3 до 1,6). Метеоусловия в целом можно харак-

Таблица 1 – Метеорологические условия в период исследований (2020–2022 гг.)

Table 1 – Meteorological conditions during the research period (2020–2022)

| Годы   | Месяцы |      |      |        | В среднем (в сумме) |           |
|--|--------|------|------|--------|---------------------|-----------|
|  | май    | июнь | июль | август | май–август          | июнь–июль |
| <i>Среднесуточная температура, °C</i>                |        |      |      |        |                     |           |
| 2020   | 10,2   | 19,5 | 17,3 | 16,9   | 16,0                | 18,4      |
| 2021   | 11,6   | 20,2 | 22,1 | 16,0   | 17,5                | 21,1      |
| 2022   | 10,7   | 17,9 | 18,3 | 19,9   | 16,7                | 18,1      |
| средняя многолетняя                                  | 12,2   | 15,8 | 18,3 | 16,5   | 15,7                | 17,1      |
| <i>Месячное количество осадков, мм</i>               |        |      |      |        |                     |           |
| 2020   | 46,0   | 43,5 | 67,0 | 50,0   | 206,0               | 110,0     |
| 2021   | 141,7  | 41,1 | 43,9 | 149,7  | 376,4               | 85,0      |
| 2022   | 36,2   | 103  | 55,9 | 103    | 298,1               | 158,9     |
| средние многолетние                                  | 55     | 92   | 76   | 94     | 317                 | 168       |
| <i>Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК)</i> |        |      |      |        |                     |           |
| 2020   | 1,45   | 0,74 | 1,25 | 0,95   | 1,05                | 0,97      |
| 2021   | 3,94   | 0,68 | 0,64 | 3,02   | 2,07                | 0,66      |
| 2022   | 1,13   | 1,92 | 1,02 | 1,67   | 1,43                | 1,45      |
| средний многолетний                                  | 1,45   | 1,94 | 1,34 | 1,84   | 1,64                | 1,64      |

теризовать как избыточно увлажненными, но июнь и июль были жаркими и засушливыми (ГТК составил 0,68 и 0,64 соответственно). За эти месяцы среднесуточная температура воздуха была на 4,0 °C выше, а осадков выпало на 45,9 и 32,1 мм или на 52,7 и 42,2 % ниже нормы, что ускорило созревание льна-долгунца и отрицательно сказалось на урожайности льнопродукции, высоте и выживаемости растений. В то же время август оказался холодным и дождливым (ГТК равен 3,02), что затрудняло уборку льна.

Вегетационный период в 2022 г. можно охарактеризовать как в меру увлажненный. Среднесуточная температура воздуха в целом за период вегетации льна составила 16,7 °C, сумма осадков – 298,4 мм, ГТК – 1,43. Эти показатели были на уровне среднемноголетних (табл. 1).

При этом менее обеспеченными влагой были май и июль (ГТК = 1,02–1,13), а избыточно увлажненными июнь и август (ГТК = 1,92–1,67). В июле и первой декаде августа дожди носили ливневой характер,

что привело к частичному полеганию стеблей и дало возможность оценить сортообразцы на устойчивость к полеганию.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Метеорологические условия за годы исследований по-разному влияли на формирование отдельных хозяйственных признаков, прежде всего на урожайность соломы и семян льна-долгунца.

По результатам двухфакторного дисперсионного анализа, наибольшее влияние на формирование большинства признаков льна-долгунца оказали условия года, где их доля колебалась в пределах 39,2–76,4 % (табл. 2).

Следует отметить, что условия выращивания и наследственные особенности сортов достоверно (при 95-процентном уровне значимости) влияли на все признаки, тогда как взаимодействие генотипа и среды было достоверным только для урожайности льносемян и льноволокна. Влияние генотипа на эти показатели находилось на уровне 10,7–69,9 %. В большей

**Таблица 2 – Влияние генотипа и условий года на хозяйственно-ценные признаки льна-долгунца (2020–2022 гг.)****Table 2 – Influence of genotype and year conditions on the economic valuable traits of long-stalked flax (2020–2022)**

| Показатели  | Доля влияния, % |       | Сочетание факторов | Случайная изменчивость |
|---|-----------------|-------|--------------------|------------------------|
|   | генотип         | год   |                    |                        |
| Вегетационный период, дни                         | 36,3*           | 59,7* | 7,6                | 3,8                    |
| Высота растений, см                               | 12,8*           | 76,4* | 4,5                | 2,6                    |
| Содержание льноволокна, %                         | 69,9*           | 12,3* | 8,7                | 3,2                    |
| Урожайность льносолумы, ц/га                      | 14,4*           | 56,2* | 3,6                | 18,0*                  |
| Урожайность льносемян, ц/га                       | 10,7*           | 71,9* | 9,7*               | 7,9                    |
| Урожайность льноволокна, ц/га                     | 29,2*           | 39,2* | 11,7*              | 12,3*                  |
| * достоверно при 95-процентном уровне значимости. |                 |       |                    |                        |

степени оно проявилось на содержании волокна в стебле (69,9 %).

Об этом же говорят и данные по оценке сезонных эффектов с помощью коэффициентов корреляции, рассчитанных между показателями одноименных признаков, полученных в разные годы. В наших исследованиях установлены высокие межсезонные корреляционные связи (коэффициенты корреляции  $r$ ), показанные в таблице 3 по показателям:

продолжительности вегетационного периода (0,96–0,99);

высоте растений (0,68–0,92);

содержанию волокна (0,85–0,98);

урожаю льносолумы (0,83–0,87);

урожаю волокна (0,76–0,94).

В различные годы по этим показателям испытываемые генотипы занимали, в основном, одинаковые места.

Наиболее слабые межсезонные корреляционные связи получены по признаку урожайности семян (0,61; 0,36 и 0,28), соответственно между 2020 и 2021 гг., 2020 и 2022 гг., 2021 и 2022 гг., что свидетельствует о нестабильности данного показателя в различные по метеоусловиям годы (сильное взаимное действие «генотип × среда» – сорта в разные годы меняются рангами). Линия П-4628-1-56-7 по урожайности льносемян в 2020 г. занимала 2; в 2021 г. – 4 и в 2022 г. – 5 место, а сорт Восход – 1; 5 и 4 места соответственно.

Все сорта и линии, представленные в селекционном сортоиспытании, харак-

**Таблица 3 – Сезонные эффекты по критериям селекционно-ценных признаков льна-долгунца на основе корреляционного анализа (2020–2022 гг.)****Table 3 – Seasonal effects according to the criteria of selective significant traits of long-stalked flax based on correlation analysis (2020–2022)**

| Показатели  | Коэффициенты корреляции |               |               |
|---|-------------------------|---------------|---------------|
|   | 2020–2021 гг.           | 2020–2022 гг. | 2021–2022 гг. |
| Вегетационный период, дни                         | 0,99*                   | 0,96*         | 0,97*         |
| Высота растений, см                               | 0,92*                   | 0,68          | 0,78          |
| Содержание льноволокна, %                         | 0,91*                   | 0,98*         | 0,85*         |
| Урожайность льносолумы, ц/га                      | 0,84                    | 0,87*         | 0,83          |
| Урожайность льносемян, ц/га                       | 0,83                    | 0,94*         | 0,76          |
| Урожайность льноволокна, ц/га                     | 0,64                    | 0,36          | 0,28          |
| * достоверно при 95-процентном уровне значимости. |                         |               |               |

теризуются высокими показателями селекционно-значимых признаков, но по их величине и реакции на условия среды отличаются между собой (табл. 4).

За годы исследований *вегетационный период* у изучаемых сортообразцов варьировал от 60 (сорт Восход, 2021 г.) до 84 суток (линия П-4877-11-1в-7, 2022 г.), а по средним данным от 69 до 75 суток. Степень изменчивости данного показателя по годам периода у всех сортообразцов находилась на среднем уровне (10,1–12,4 %); при этом продолжительность вегетационного периода в большей степени (59,7 %) зависела от погодных условий, тогда как от генотипа и взаимодействия указанных факторов на 26,3 и 17,6 % соответственно.

В жарком и засушливом 2021 г. продолжительность вегетационного периода в разрезе сортов варьировала в пределах 60–68 суток. При этом самым коротким он был у сорта Восход (60 суток); у линии П-4628-1-56-7 он был длиннее на 4 дня; а у линий П-4877-11-1в-7, П-4880-5-3в-5 и стандарта Добрыня – на 7–8 дней. Наиболее продолжительным вегетационный период был в прохладном и дождливом 2022 г. (77–84 суток). Распределение по рангам среди сортообразцов было аналогичным 2021 г. У сорта Восход он составил 77 суток, у линии П-4628-1-56-7 – 79 суток и у остальных – 83–84 суток.

Такая же картина наблюдалась и по средним данным за годы исследований. Наиболее короткий вегетационный период был у сорта Восход (69 суток), а наиболее длинный у сорта-стандарта Добрыня и линии П-4877-11-1в-7 (75 суток). Из испытуемых образцов самым коротким он был у линии П-4628-1-56-7 (72 суток).

Сухая и жаркая погода в 2021 г. отрицательно сказалась на *высоте растений*. Среднесортная высота растений в этом году составила всего 63 см. Только одна линия (П-4880-5-3в-5) достоверно превысила по высоте среднесортную на 4,0 см и стандарт на 8 см. Это может свидетельствовать о ее большей засухоустойчивости в сравнении с другими. Данная линия была самой высокорослой и в более благоприятные по метеоусловиям 2020 и 2022 гг. (83; 76 см), превысила стандарт на 8,0 и 6,0 см (10,7; 8,6 %), соответственно.

По средним данным за 2020–2022 гг. высота растений у линии П-4880-5-3в-5

составила 75,3 см, что превышает стандарт на 10,7 % и среднесортную на 5,9 %.

*Устойчивость растений к полеганию*, которая во многом определяет пригодность сорта к механизированной уборке и получению льнопродукции высокого качества, приобретает особое значение при селекции льна-долгунца. В 2021 г. полегание растений не наблюдалось, а в 2020 и 2022 гг. оно было незначительным.

Все сортообразцы, наряду со стандартом, характеризовались высокой и очень высокой устойчивостью к полеганию (4–5 баллов). При этом все они превосходили стандарт на 0,4–0,5 баллов в 2020 г. и на 0,3–0,7 баллов в 2022 г.

По средним данным за три года устойчивость к полеганию у стандарта Добрыня составила 4,4 балла; у линий П-4828-1-56-7 и П-4877-11-1в-7 – 4,8 балла; линии П-4880-6-3в-5 – 4,7 балла. Испытываемые в опыте линии отличались слабой степенью изменчивости данного признака (CV), равной 5,2–6,0 %, тогда как сорта Восход и Добрыня – средней (11,5; 11,81 %).

Все изучаемые генотипы отличались довольно высокой степенью *устойчивости к фузариозному увяданию*. В среднем по годам она колебалась от 88 до 95 %. Наиболее высокие показатели по данному признаку наблюдались у сорта Восход (95 %) и стандарта Добрыня (93,7 %), тогда как новые линии несколько уступали (88–90,3 %). У всех сортообразцов степень изменчивости данного признака (CV) по годам исследований была слабой, составив 4,1–6,5 %, что может свидетельствовать о стабильности показателя.

*Показатель содержания волокна* является наиболее стабильным в процессе репродукции. Степень изменчивости его у изучаемых образцов находилась на низком уровне (0,3–5,9 %). Варьирование данного признака, по данным дисперсионного анализа, зависело в основном от генотипа (69,9 %), но и влияние условий среды было значимым (12,3 %). На долю взаимодействия генотипа и среды приходилось 8,7 %.

По содержанию льноволокна в стеблях выделились линии П-4828-1-56-7 (39,4 %) и П-4880-6-3в-5 (38,2 %), которые превосходили стандартный сорт Добрыня

**Таблица 4 – Оценка сортообразцов льна-долгунца по основным хозяйственно-ценным признакам и адаптивности (2020–2022 гг.)****Table 4 – Evaluation of long-stalked flax varieties according to the main economic valuable traits and adaptability (2020–2022)**

| Названия<br>сортообразцов<br>и показатели  | Годы  |       |       |         | CV, % | КА   | Реализация<br>потенциала, % |
|--|-------|-------|-------|---------|-------|------|-----------------------------|
|  | 2020  | 2021  | 2022  | среднее |       |      |                             |
| Урожайность льносоломы, ц/га   |       |       |       |         |       |      |                             |
| П-4628-1-56-7  | 55,9  | 32,6  | 48,8  | 45,8    | 26,1  | 0,98 | 81,9                        |
| П-4877-11-1в-7   | 57,4  | 34,4  | 46,7  | 46,2    | 24,9  | 0,99 | 80,5                        |
| П – 4880-6-3в-5  | 59,7  | 38,8  | 56,8  | 51,8    | 21,9  | 1,11 | 86,8                        |
| Восход   | 55,8  | 33,0  | 47,8  | 45,5    | 25,4  | 0,98 | 81,5                        |
| Добрыня (стандарт)   | 53,8  | 33,6  | 43,9  | 43,8    | 23,1  | 0,94 | 81,4                        |
| Средняя сортовая   | 56,5  | 34,5  | 48,8  | 46,6    | –     | 1,00 | –                           |
| Индекс среды (Ij)  | 9,9   | –12,1 | 2,2   | –       | –     | –    | –                           |
| Урожайность льносемян, ц/га  |       |       |       |         |       |      |                             |
| П-4628-1-56-7  | 11,0  | 5,4   | 9,0   | 8,5     | 33,4  | 0,97 | 77,2                        |
| П-4877-11-1в-7   | 9,9   | 5,9   | 10,7  | 8,8     | 29,2  | 1,0  | 82,2                        |
| П-4880-6-3в-5  | 9,5   | 5,5   | 10,9  | 8,3     | 32,6  | 0,94 | 76,1                        |
| Восход   | 12,2  | 4,9   | 10,6  | 9,2     | 41,7  | 1,05 | 75,4                        |
| Добрыня (стандарт)   | 10,1  | 6,1   | 10,9  | 9,0     | 28,6  | 1,02 | 82,5                        |
| Средняя сортовая   | 10,5  | 5,6   | 10,4  | 8,8     | –     | 1,00 | –                           |
| Индекс среды (Ij)  | 1,7   | –3,2  | 1,6   | –       | –     | –    | –                           |
| Содержание льноволокна, %  |       |       |       |         |       |      |                             |
| П-4628-1-56-7  | 39,0  | 39,9  | 39,3  | 39,4    | 1,2   | 1,07 | 98,7                        |
| П-4877-11-1в-7   | 36,4  | 38,2  | 35,2  | 36,6    | 4,1   | 0,99 | 95,8                        |
| П-4880-6-3в-5  | 38,1  | 38,2  | 38,3  | 38,2    | 0,3   | 1,04 | 99,7                        |
| Восход   | 34,4  | 35,7  | 33,1  | 34,4    | 3,8   | 0,94 | 96,4                        |
| Добрыня (стандарт)   | 35,6  | 37,7  | 33,5  | 35,6    | 5,9   | 0,97 | 94,4                        |
| Средняя сортовая   | 36,7  | 37,9  | 35,9  | 36,8    | –     | 1,00 | –                           |
| Индекс среды (Ij)  | –0,1  | 1,1   | –0,9  | –       | –     | –    | –                           |
| Урожайность льноволокна, ц/га  |       |       |       |         |       |      |                             |
| П-4628-1-56-7  | 21,8* | 13    | 19,2* | 18*     | 25,2  | 1,05 | 82,6                        |
| П-4877-11-1в-7   | 20,9* | 13,1  | 16,4* | 16,8    | 23,3  | 0,98 | 80,4                        |
| П-4880-6-3в-5  | 22,7* | 14,8* | 21,7* | 19,7*   | 21,9  | 1,15 | 86,8                        |
| Восход   | 19,2  | 11,8  | 15,9  | 15,6    | 23,8  | 0,91 | 81,2                        |
| Добрыня (стандарт)   | 19,1  | 12,7  | 14,7  | 15,5    | 29,9  | 0,91 | 81,2                        |
| Средняя сортовая   | 20,7  | 13,1  | 17,6  | 17,1    | –     | 1,00 | –                           |
| Индекс среды (Ij)  | 3,6   | –4,0  | 0,5   | –       | –     | –    | –                           |
| * достоверно при 95-процентном уровне значимости.<br>CV – показатель вариации, %; КА – коэффициент адаптивности. |       |       |       |         |       |      |                             |



на 10,7 и 7,3 % соответственно. У линии П-4877-11-1в-7 содержание волокна было несколько ниже (36,6 %), но она также превосходила стандарт на 2,8 %. К тому же, данное превосходство наблюдалось во все годы проведения опыта.

Качество льноволокна оценивали по *показателям прочности и гибкости*. От прочности волокна зависит крепость пряжи и ткани. Наиболее высокой крепостью волокна характеризовались линии П-4880-6-3в-5 (21,7 кгс) и П-4828 1-56-7 (20,6 кгс); у стандарта Добрыня она равнялась 19,8 кгс.

Другим важным свойством волокна является гибкость. Чем она больше, тем выше прядильные качества волокна. Показатель гибкости стандарта Добрыня (46,5 мм) превысили линии П-4828-1-56-7 (49,8 мм), П-4877-11-1в-7 (52,3 мм) и сорт Восход (49,6 мм). В соответствии с международным классификатором СЭВ, все выделенные образцы отличаются высокими прочностью и гибкостью.

*Урожайность льносоломы* у стандартного сорта Добрыня в среднем за годы исследований составила 43,8 ц/га. У изучаемых сортономеров и сорта Восход она варьировала от 45,5 до 51,8 ц/га, превышая стандарт на 1,7–8,0 ц/га или на 3,9–18,3 %.

Но лишь у линии П-4880-6-3в-5 прибавка урожая была достоверной и составила 5,2 ц/га ( $НСР_{0,95} = 3,45$  ц/га). К тому же, показатели урожайности льносоломы были более высокими и достоверными как в благоприятные, так и неблагоприятные по погодным условиям годы.

У всех образцов наблюдалось сильное варьирование данного показателя за годы исследований (21,8–26,1 %). При этом оно на 56,2 % зависело от условий среды, на 14,4 % от генотипа и на 3,6 % от взаимодействия факторов. Наименьшая изменчивость признака отмечалась у линии П-4880-6-3в-5 (21,9 %).

По *урожайности льносемян* все исследуемые линии, по средним данным, незначительно уступали стандарту Добрыня (9,0 ц/га) на 0,2–0,7 ц/га или на 2,2–7,8 %. У сорта Восход она находилась на уровне стандарта (9,2 ц/га).

Степень изменчивости этого признака была высокой и составляла от 28,6 до

41,7 %. Она на 71,9 % зависела от условий среды и на 10,7 % от генотипа.

Основным видом прядильного льна является волокно. *Урожайность льноволокна* в опыте у сортообразцов под влиянием складывающихся погодных условий сильно варьировала по годам (от 21,9 до 29,9 %). Благоприятными для формирования урожайности волокна были 2020 и 2022 гг., индекс среды ( $I_j$ ) которых составил соответственно 3,6 и 0,5; а неблагоприятным – 2021 г. ( $I_j = -4,0$ ).

Среднесортная урожайность в опыте по годам составила соответственно 20,7; 17,6; 13,1 ц/га. При этом в благоприятные по метеоусловиям 2020 и 2022 гг. достоверно превзошли стандарт Добрыня по урожайности льноволокна (14,7; 19,1 ц/га) все три исследуемые линии, а среднесортную урожайность (17,6; 20,1 ц/га) – лишь линия П-4880-6-3в-5 (21,7; 22,7 ц/га). В неблагоприятном 2021 г. наиболее высокая урожайность льноволокна была также получена у линии П-4880-6-3в-5, которая составила 14,8 ц/га, что достоверно выше стандарта на 2,1 ц/га (16,5 %) и выше среднесортной на 1,7 ц/га (13,0 %).

Таким образом, линия П-4880-6-3в-5 дает хороший урожай волокна в благоприятные и обладает высокой адаптивностью в неблагоприятные по погодным условиям годы, что имеет немаловажное значение для производства.

Изучаемые сорта и линии не в полной мере *использовали свой потенциал продуктивности*. Его реализация по отдельным селекционно-значимым признакам находилась на уровне 75,4–99,7 %, что является следствием влияния неблагоприятных факторов среды. Наиболее высокой она была по признаку «содержание волокна» (94,4–99,7 %), а наименьшей по признаку «урожайность льносемян» (75,4–82,3 %). По признакам «урожайность льноволокна» и «урожайность льносоломы» она находилась примерно на одном уровне – соответственно 80,4–86,8 и 80,5–86,8 %. При этом следует отметить, что по большинству признаков наиболее высокие показатели по реализации потенциала продуктивности были у линии П-4880-6-3в-5 (по соломе – 86 %, по содержанию волокна – 99,7 %, по урожайности волокна – 86,8 %). Близка к ней по этим показателям и линия П-4828-1-56-7.

По признаку урожайности льносемян наиболее высокие показатели по реализации потенциала были у линии П-4877-11-1в-7 (82,2 %).

Согласно методике Л. А. Животкова, *наибольшая адаптивность* по большинству признаков волокнистой продукции отмечена у исследуемых линий П-4880-6-3в-5, П-4828-1-56-7, коэффициент адаптивности которых равен соответственно 1,15; 1,05. У стандарта Добрыня данный показатель составил 0,95.

Наиболее высокой *стрессоустойчивостью* (минус 6,4), представляющей разницу между минимальной и максимальной урожайностью, в условиях опыта обладал стандарт Добрыня, а из новых рассматриваемых образцов – линии П-4880-6-3в-5 и П-4877-11-1в-7 (минус 7,9 и минус 7,8). При этом наименьшая устойчивость к стрессу (минус 8,8) наблюдалась у линии П-4628-1-56-7.

Наибольшей *генетической гибкостью* (урожайностью льноволокна в контрастных условиях) характеризовались линии П-4880-6-3в-5 и П-4628-1-56-7 (18,8; 17,4 ц/га), превысившие стандарт Добрыня (15,9 ц/га) на 18,2 и 4,8 % соответственно. У линии П-4877-11-1в-7 она находилась на уровне 17,0 ц/га.

Новые линии отличались и более высокой *общей адаптивной способностью*. Более высокие значения имели сортообразцы П-4880-6-3в-5 (2,6) и П-4628-1-56-7 (0,9), которые превышали среднесорттовую урожайность льноволокна за годы исследований на 0,9 и 2,6 ц/га соответственно.

Низкими значениями показателя характеризовались стандарт Добрыня (минус 1,6) и сорт Восход (минус 1,5).

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. Отсутствие корреляции указывает на возможность независимой селекции на их улучшение. В условиях опыта отдельные хозяйственно-ценные признаки в различной степени коррелировали между собой; при этом связь была как положительной, так и отрицательной (табл. 5).

На основании проведенных исследований нами установлены:

*сильная положительная зависимость* урожайности льносоломки с высотой растений, урожайностью льноволокна, где коэффициенты корреляции ( $r$ ) составили 0,93 и 0,95 соответственно;

*средняя положительная зависимость* урожайности соломы с содержанием волокна (0,46), урожайности льноволокна с содержанием волокна и общей высотой растений (0,55), содержания волокна с общей высотой растений (0,40) и длиной вегетационного периода (0,32);

*слабая положительная зависимость* урожайности льносемян с урожайностью соломы (0,06) и урожайностью волокна

**Таблица 5 – Корреляция урожайности и селекционно-значимых признаков у сортов и перспективных линий льна-долгунца (2020–2022 гг.)**

**Table 5 – Correlation of yield and selective significant traits in varieties and promising lineages of long-stalked flax (2020–2022)**

| Признаки   | 1     | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     |
|--|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| 1  | ×     | 0,95 | 0,03  | 0,55  | 0,55  | –0,03 |
| 2  | 0,95  | ×    | 0,06  | 0,46  | 0,93  | 0,15  |
| 3  | 0,03  | 0,06 | ×     | –0,10 | –0,07 | –0,09 |
| 4  | 0,55  | 0,46 | –0,10 | ×     | 0,40  | 0,32  |
| 5  | 0,55  | 0,93 | –0,07 | 0,40  | ×     | –0,11 |
| 6  | –0,03 | 0,15 | –0,09 | 0,32  | –0,11 | ×     |
| Примечания: 1 – урожайность волокна; 2 – урожайность соломы; 3 – урожайность семян; 4 – содержание волокна; 5 – высота растений; 6 – вегетационный период. |       |      |       |       |       |       |

(0,03); вегетационного периода с урожайностью льносолумы (0,15);

*слабая отрицательная зависимость* урожайности льносемян с общей высотой растений (–0,07), содержанием волокна (–0,10) и длиной вегетационного периода (–0,09).

**Заключение.** На основании проведенных исследований выделены две лучшие линии (генотипа) по комплексу основных хозяйственно-ценных признаков: П-4880-6-3в-5 и П-4628-1-5б-7, представляющие практический интерес.

Линии скороспелые (вегетационный период 74; 72 дней), созревают на 1; 3 дня раньше стандартного сорта Добрыня; обладают высокой степенью устойчивости к полеганию (4,7; 4,8 балла) и фузариозному увяданию (90,3; 88,0 %).

Они превосходят стандарт по урожайности льносолумы на 8,0; 2,0 ц/га, но

несколько уступают ему по урожайности льносемян (на 0,5; 0,7 ц/га). Отличаются очень высоким содержанием волокна в растениях (38,2; 39,4 %) и урожайностью волокна (19,7; 18,0 ц/га), что достоверно превышает стандарт Добрыня на 7,3 и 10,7; 27,1 и 16,1 % соответственно.

Одновременно исследуемые линии отличаются и наиболее высокими адаптивными свойствами: меньшей изменчивостью, стрессоустойчивостью, пластичностью и реализацией потенциала (практически по всем показателям продуктивности).

*Линия П-4880-6-3в-5 в настоящее время готовится к передаче в государственное сортоиспытание и наряду с линией П-4628-1-5б-7 будет использоваться в дальнейшей селекционной работе по созданию новых сортов льна-долгунца, адаптированных к условиям Северо-Западного региона.*

#### Список источников

1. Ростовцев Р. А. Повышение эффективности уборки льна-долгунца путем разработки технологических процессов и технических средств для их осуществления : автореф. дис. ... докт. техн. наук. СПб., 2010. 38 с. EDN QGUNDV.
2. Понажев В. П., Павлова Л. Н., Павлов Е. И., Матюхин А. П., Сорокина Е. Ю., Кудрявцев Е. А. [и др.]. Технология и организация производства высококачественной продукции льна-долгунца. М. : Росинформагротех, 2004. 148 с. EDN QKWNRV.
3. Смирнова Л. А., Поздняков Б. А., Рожмина Т. А., Понажев В. П., Павлова Л. Н. Льняной комплекс России: факторы и условия эффективного развития. М. : Росинформагротех, 2013. 142 с.
4. Голуб И. А., Снопов А. Н., Рубаник А. Н., Самсонов В. П., Кукреш С. П., Прудников В. А. [и др.]. Лен Беларуси : монография. Минск : Орех, 2003. 245 с. EDN DMDRSI.
5. 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). С. 166–186. EDN YITDCX.
6. Jhala A. J., Hall L. M. Flax (*Linum usitatissimum* L.): Current uses and future applications // Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2010. Vol. 4. No. 9. P. 4304–4312.
7. Рожмина Т. А., Павлова Л. Н., Понажев В. П., Захарова Л. М. Льняная отрасль на пути к возрождению // Защита и карантин растений. 2018. № 1. С. 3–8. EDN YNMXFE.
8. Павлова Л. Н., Рожмина Т. А., Лошакова Н. И. Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца : методические указания. Тверь : Тверской государственный университет, 2014. 140 с.
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 : сб. науч. тр. Тверь : Тверской государственный университет, 2018. С. 23–24. EDN YXRELJ.
10. Степин А. Д., Рысева Т. А., Уткина С. В., Романова Н. В. Внедрение новых сортов льна-долгунца Псковской селекции в производство // Инновационные разработки для производства и переработки лубяных культур : материалы междунар. науч.-практ. конф. Тверь : Тверской государственный университет, 2016. С. 66–71. EDN XEVAGP.

11. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). Том 1. М. : Российский университет дружбы народов, 2001. 780 с.
12. Трабурова Е. А., Рожмина Т. А. Изучение коллекционных образцов коллекции льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 11. С. 40–42. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-11110>. EDN YTALOP.
13. Степин А. Д., Рысев М. Н., Кострова Г. А., Рысева Т. А., Уткина С. В. Основные направления и результаты научных исследований Псковского НИУ по селекции льна-долгунца // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 14–21. EDN TZRKQJ.
14. Гордеев А. В., Клещенко А. Д., Черняков Б. А., Сиротенко О. Д., Сиптиц С. О., Романенко И. А. [и др.]. Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата. М. : Россельхозакадемия, 2012. 203 с. EDN TMKBEN.
15. Жученко А. А., Рожмина Т. А. Генетические ресурсы и селекция растений – главные механизмы адаптации в сельском хозяйстве // Вестник аграрной науки. 2019. № 6 (81). С. 3–8. <https://doi.org/10.15217/ISSN2587-666X.2019.6.3>. EDN MSUTYT.
16. Rasukas A., Jankauskiene Z., Jundulas J., Asakaviciute R. Research of technical crops (polato and flax) genetic resources in Lithuania // Agronomy Research. 2009. Vol. 7. No. 1. P. 59–72.
17. 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. Т. 21. № 2. С. 141–151. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.141-151>. EDN AYBNKH.
18. 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. Т. 21. № 6. С. 688–696. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.688-696>. EDN EFQTXZ.
19. Королев К. П., Боме Н. А. Оценка генотипов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) по экологической адаптивности и стабильности в условиях северо-восточной части Беларуси // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 3. С. 615–621. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.3.615rus>. EDN YZKVMH.
20. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 617–626. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus>. EDN WZJQEN.
21. Кошечева Н. С., Лыскова И. В., Баталова Г. А., Краева С. Н. Исходный материал для селекции льна-долгунца в условиях Волго-Вятского региона // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 3. С. 6–9. EDN TQMRMD.
22. Пакуль В. Н. Изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы в условиях северной лесостепи Западной Сибири // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 1. С. 44–53. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.44-53>. EDN DADYRS.
23. Жученко А. А., Рожмина Т. А., Понажев В. П., Павлова Л. Н., Тихомирова В. Я., Сорокина О. Ю. [и др.]. Эколого-генетические основы селекции льна-долгунца. Тверь : Тверской государственный университет, 2009. 272 с.
24. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с. EDN ZJQBUD.
25. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 38–40.
26. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop Science. 1981. Vol. 21. No. 6. P. 27–29.
27. 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.

28. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Экологическая селекция растений. Минск : Технология, 1997. 372 с.

### References

1. Rostovtsev R. A. Improving the efficiency of harvesting flax by developing technological processes and technical means for their implementation. *Extended abstract of candidate's thesis*. Saint-Petersburg, 2010, 38 p. EDN QGUNDV (in Russ.).
2. Ponazhev V. P., Pavlova L. N., Pavlov E. I., Matyukhin A. P., Sorokina E. Yu., Kudryavtsev E. A. [et al.]. *Technology and organization of production of high quality long-flax products*, Moscow, Rosinformagrotekh, 2004, 148 p. EDN QKWNRV (in Russ.).
3. Smirnova L. A., Pozdnyakov B. A., Rozhmina T. A., Ponazhev V. P., Pavlova L. N. *Russian flax complex: factors and conditions for effective development*, Moscow, Rosinformagrotekh, 2013. 142 p. (in Russ.).
4. Golub I. A., Snopov A. N., Rubanik A. N., Samsonov V. P., Kukresh S. P., Prudnikov V. A. [et al.]. *Flax of Belarus: monograph*, Minsk, Orekh, 2003, 245 p. EDN DMDRSI (in Russ.).
5. Ushchapovsky 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 solutionedn. *Molochnokhozyaystvennyi vestnik*, 2017;1(25):166–186. EDN YITDCX (in Russ.).
6. Jhala A. J., Hall L. M. Flax (*Linum usitatissimum* L.): Current uses and future applications. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2010;4;9:4304–4312.
7. 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. EDN YNMXFE (in Russ.).
8. Pavlova L. N., Rozhmina T. A., Loshakova N. I. *Selection and primary seed production of long-staple flax: methodological guidelines*, Tver', Tverskoi gosudarstvennyi universitet, 2014, 140 p. (in Russ.).
9. Pavlova L. N., Gerasimova E. G., Rummyantseva V. N., Kudryavtseva L. P. New varieties of flax are the basis for improving the efficiency of the flax industry. *Proceedings from Nauchnoye obespecheniye proizvodstva pryadil'nykh kul'tur: sostoyaniye, problemy i perspektivy*. (PP. 23–25), Tver', Tverskoy gosudarstvennyi universitet, 2018. EDN YXRELJ (in Russ.).
10. Stepin A. D., Ryseva T. A., Utkina S. V., Romanova N. V. Introduction of new flax varieties of Pskov breeding into production. *Proceedings from Innovative developments for the production and processing of bast crops: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 66–71), Tver', Tverskoy gosudarstvennyi universitet. 2016. EDN XEVAGP (in Russ.).
11. Zhuchenko A. A. *Adaptive plant breeding system (ecological and genetic foundations). Volume 1*, Moscow, Rossiiskii universitet druzhby narodov, 2001. 780 p. (in Russ.).
12. Traburova E. A., Rozhmina T. A. Examination of collection samples of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2018;32;11:40–42. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-11110>. EDN YTALOP (in Russ.).
13. Stepin A. D., Rysev M. N., Kostrova G. A., Ryseva T. A., Utkina S. V. Main directions and results of scientific research of the Pskov Research Institute of flax breeding and long-flax breeding. *Izvestiya Velikolukskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2019;2:14–21. EDN TZRKQJ (in Russ.).
14. Gordeyev A. V., Kleshchenko A. D., Chernyakov B. A., Sirotenko O. D., Siptits S. O., Romanenko I. A. [et al.]. *Bioclimatic potential of Russia: productivity and rational placement of crops in conditions of climate change*, Moscow, Rossel'khozakademiya, 2012, 203 p. EDN TMKBEN (in Russ.).
15. Zhuchenko A. A., Rozhmina T. A. Genetic resources and plant breeding as the main mechanisms of adaptation in agriculture. *Vestnik agrarnoy nauki*, 2019;6(81):3–8. <https://doi.org/10.15217/ISSN2587-666X.2019.6.3>. EDN MSUTYT (in Russ.).
16. 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.

17. 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 North-Western region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2020;21;2:141–151. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.141-151>. EDN AYBHKH (in Russ.).
18. 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-Chernozem region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2020;21;6:688–696. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.688-696>. EDN EFQTXZ (in Russ.).
19. 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*, 2017;52;3:615–621. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.3.615rus>. EDN YZKVMH (in Russ.).
20. Rybas I. A. Breeding grain crops to increase adaptability. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2016;51;5:617–626. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus>. EDN WZJQEN (in Russ.).
21. Koshcheeva N. S., Lyskova I. V., Batalova G. A., Kraeva S. N. Initial material for breeding of long-fibred flax in conditions of Volga-Vyatka region. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*, 2017;3:6–9. EDN TQMRMD (in Russ.).
22. Pakul V. N. Variability and relationships of agronomic traits of spring soft wheat in the conditions of the northern forest-steppe of Western Siberia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2022;23;1:44–53. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.44-53>. EDN DADYRS (in Russ.).
23. Zhuchenko A. A., Rozhmina T. A., Ponazhev V. P., Pavlova L. N., Tikhomirova V. Ya., Sorokina O. Yu. [et al.]. *Ecological and genetic foundations of flax breeding*, Tver', Tverskoy gosudarstvennyy universitet, 2009, 272 p. (in Russ.).
24. Dospekhov B. A. *Field experience methodology: with the basics of statistical processing of research results*, Moscow, Agropromizdat, 1985, 351 p. EDN ZJQBUD (in Russ.).
25. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 1966;6;1:38–40.
26. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 1981;21;6:27–29.
27. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. Methodology of identification of potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat by the indicator "yield". *Selektsiya i semenovodstvo*, 1994;2:3–6 (in Russ.).
28. Kilchevsky A. V., Khotyleva L. V. *Ecological plant breeding*, Minsk, Tekhnologiya, 1997, 372 p. (in Russ.).

© Степин А. Д., Рысев М. Н., Рысева Т. А., Уткина С. В., Звоникова Ю. Н., 2024

Статья поступила в редакцию 28.10.2024; одобрена после рецензирования 28.11.2024; принята к публикации 02.12.2024.

The article was submitted 28.10.2024; approved after reviewing 28.11.2024; accepted for publication 02.12.2024.

### Информация об авторах

**Степин Александр Дмитриевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заместитель директора обособленного подразделения «Псковский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Федеральный научный центр лубяных культур, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9009-878X>, Author ID: 786404, [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru);



**Рысев Михаил Николаевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, Федеральный научный центр лубяных культур, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9291-7593>, Author ID: 137541, [m.rysev.psk@fncl.k.ru](mailto:m.rysev.psk@fncl.k.ru);

**Рысева Тамара Андреевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, Федеральный научный центр лубяных культур, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5420-8419>, Author ID: 991206, [t.ryseva.psk@fncl.k.ru](mailto:t.ryseva.psk@fncl.k.ru);

**Уткина Светлана Владимировна**, старший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, Федеральный научный центр лубяных культур, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7006-6713>, Author ID: 993608, [s.utkina.psk@fncl.k.ru](mailto:s.utkina.psk@fncl.k.ru);

**Звоникова Юлия Николаевна**, аспирант, инженер-исследователь лаборатории селекционных технологий, Федеральный научный центр лубяных культур, [j.zvonikova.psk@fncl.k.ru](mailto:j.zvonikova.psk@fncl.k.ru)

#### **Information about the authors**

**Alexander D. Stepin**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Deputy Director of the Separate Division "Pskov Research Institute of Agriculture", Federal Research Center for Bast Fiber Crops, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9009-878X>, Author ID: 786404, [info.psk@fncl.k.ru](mailto:info.psk@fncl.k.ru);

**Mikhail N. Rysev**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Breeding Technologies, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9291-7593>, Author ID: 137541, [m.rysev.psk@fncl.k.ru](mailto:m.rysev.psk@fncl.k.ru);

**Tamara A. Ryseva**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Breeding Technologies, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5420-8419>, Author ID: 991206, [t.ryseva.psk@fncl.k.ru](mailto:t.ryseva.psk@fncl.k.ru);

**Svetlana V. Utkina**, Senior Researcher of the Laboratory of Breeding Technologies, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7006-6713>, Author ID: 993608, [s.utkina.psk@fncl.k.ru](mailto:s.utkina.psk@fncl.k.ru);

**Yulia N. Zvonikova**, Postgraduate Student, Research Engineer of the Laboratory of Breeding Technologies, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, [j.zvonikova.psk@fncl.k.ru](mailto:j.zvonikova.psk@fncl.k.ru)

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article.

**The authors declare no conflicts of interests.**