

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЗДАНИЯ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА И СЕМЯН ЛЬНА ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА С МАРКЕРНЫМ ПРИЗНАКОМ

В.П. Понажев, Н.В. Пролётова

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

E-mail: n.proletova.trk@fncl.ru

Для цитирования: Понажев В.П., Пролётова Н.В. Эффективность создания исходного материала и семян льна высокого качества с маркерным признаком // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 3 (76). – С. 150–157. – DOI: 10.31677/2072-6724-2025-76-3-150-157.

Ключевые слова: лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.), растение, семена, волокно, отбор, масса, посев.

Реферат. Одним из перспективных направлений в научном обеспечении селекции и семеноводства льна является создание высококачественных семян культуры с маркерными признаками. Поэтому целью исследований являлось изучение эффективности создания семян льна с маркерным признаком, их количественных и качественных показателей и характеристик для последующего использования в селекции и семеноводстве. Проведение экспериментов осуществлялось в ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (г. Торжок, Тверская область) в 2016–2020 гг. Научные исследования выполняли в соответствии с действующими методиками. Проведение целенаправленных отборов растений позволило выделить из сортов Смолич, Антей, С-108 новые ценные линии льна и получить семена с маркерным признаком – светло-желтой окраской. Установлено, что наибольшей ценностью характеризовалась линия льна Л-1, которая превосходила стандарт по массе семени на 16,0 %, а также по содержанию волокна в стебле – на 2,9 % и урожайности семян – на 9,8 %. Линия Л-1 по своим характеристикам отнесена к улучшенному аналогу долгунцового льна. Выявлена линия льна Л-2, которая, обладая высоким содержанием волокна в стебле – 30,6 % (сорт-стандарт Антей – 24,8 %), повышенной массой семени – 5,5 г (сорт-стандарт Антей – 5,1 мг), соответствовала по морфологическим признакам масличной форме. В результате исследований выделена линия Л-3, которая по урожайности семян превосходила стандарт, сорт С-108, на 14,8 % и одновременно характеризовалась повышенной массой семени и высоким содержанием волокна в стебле. Линия льна Л-3 передана в признаковую коллекцию как ценный селекционный материал двустороннего использования – для получения семян и волокна высокого качества. Все созданные линии дополнили признаковую коллекцию льна ФГБНУ ФНЦ ЛК как ценный исходный материал для селекции и семеноводства культуры.

EFFICIENCY OF CREATING HIGH-QUALITY FLAX SOURCE MATERIAL AND SEEDS WITH A MARKER FEATURE

V.P. Ponazhev, N.V. Proletova

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

E-mail: n.proletova.trk@fncl.ru

Keywords: flax (*Linum usitatissimum* L.), plant, seeds, fiber, selection, mass, sowing.

Abstract. One of the promising areas in scientific support for flax breeding and seed production is the creation of high-quality seeds of the crop with marker traits. Therefore, the aim of the research was to study the efficiency of creating flax seeds with a marker trait, their quantitative and qualitative indicators and characteristics for subsequent use in breeding and seed production. The experiments were carried out at the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (Torzhok, Tver Region) in 2016–2020. Scientific research was carried out in accordance with current methods. Conducting targeted selections of plants made it possible to isolate new valuable flax lines from the Smolich, Antey, S-108 varieties and obtain seeds with a marker trait - light yellow color. It was found that the flax line L-1 was characterized by the greatest value, exceeding the standard in seed weight by 16.0 %, as well as in fiber content in the stem – by 2.9 % and seed yield – by 9.8 %. Line L-1, according to its characteristics, is classified as an improved analogue of fiber flax. Flax line L-2 was identified, which, having a high fiber content in the stem – 30.6 % (standard variety Antey – 24.8 %), increased seed weight – 5.5 g (standard variety Antey – 5.1 mg), corresponded to the oilseed form in morphological features. As a result of the research, line L-3 was isolated, which exceeded the standard, variety S-108, in seed yield by 14.8 % and at the same time was characterized by

increased seed weight and high fiber content in the stem. The flax line L-3 was transferred to the characteristic collection as valuable selection material of two-way use - for obtaining high-quality seeds and fiber. All created lines have replenished the characteristic collection of flax of the Federal State Budgetary Scientific Institution FNC LC as valuable source material for selection and seed production of the crop.

Производство требуемого объема продукции льна-долгунца, определяемого условиями развития льняного сектора экономики Российской Федерации, во многом обуславливается возможностью гарантированного обеспечения льняной отрасли семенами высокого качества, проведением ускоренной сортосмены и устойчивого сортообновления культуры.

Важнейшим ресурсом для обеспечения проведения сортосмены и сортообновления является получение необходимого количества семян новых сортов льна-долгунца с высоким качеством и высокими посевными характеристиками. Новые сорта льна относительно устаревших сортов, как правило, обладают повышенной продуктивностью, устойчивостью к наиболее опасным болезням, полеганию и стрессовым факторам среды [1–3]. При создании новых сортов используется селекционный материал, полученный в результате проведения оценки на устойчивость к эдафическим факторам среды, стрессам и болезням, что способствует расширению ареала возделывания этих сортов, повышению эффективности использования их биологического потенциала [4–6]. В то же время некоторые сельхозтоваропроизводители используют зарубежные сорта льна-долгунца, обладающие высокими урожайными свойствами и более продолжительным вегетационным периодом, которые значительно уступают отечественным аналогам по устойчивости к болезням, которые все чаще проявляются в производственных посевах и сводят к минимуму получение высоких урожаев льнопродукции – семян и волокна [7, 8].

Наряду с успешным внедрением новых отечественных сортов в производство все еще остается не полностью решенной проблема создания высокопродуктивных сортов льна-долгунца, обладающих высоким качеством семян, в том числе повышенной массой семени, обеспечивающей высокую энергию прорастания семян в полевых условиях и такую же интенсивность развития растений. Недостаточно в отечественной селекции, в отличие от зарубежной, используется направление, связанное с выведением сортов льна-долгунца с маркерными признаками. Создание сортов льна-долгунца, имеющих семена высокого качества с повышенной массой семени и маркерными признаками, способствовало бы уменьшению затрат труда, повышению уровня

сортового и семенного контроля в семеноводстве [9–12].

В настоящее время основной причиной отсутствия в Госреестре селекционных достижений сортов, обладающих маркерными признаками, является отсутствие достаточного количества исходного селекционного материала. Методы создания такого исходного материала в селекции предусматривают необходимость проведения отбора исходного материала по количественным и качественным показателям семян [13–15].

Формирование количественных и качественных показателей семенного материала льна-долгунца определяется влиянием совокупности биологических, технологических и метеорологических факторов. Многие из них (в том числе климатические и почвенные условия) значительно снижают качественные характеристики семян, в том числе их фенотипические и количественные признаки [16–18].

Исходя из этого следует, что актуальным и значимым является проведение отбора исходного материала не только по комплексу морфологических признаков растений, но и с учетом качественных признаков семенной продуктивности. Поэтому целью исследований являлось изучение эффективности создания семян льна с маркерным признаком, их количественных и качественных показателей и характеристик для последующего использования в селекции и семеноводстве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на опытном поле и в лаборатории селекционных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (г. Торжок, Тверская область) в 2016–2020 гг. Предметом исследований являлись линии и сорта льна, и их семена. Объект исследований – процесс отбора и анализа растений по комплексу хозяйственно ценных признаков с последующим созданием семян и оценкой их качества.

Эксперименты проводили в соответствии с существующими методиками, обозначенными у В.П. Понажева с коллегами [19]. Питомники отбора и оценки растений на однородность по цвету семян – маркерному признаку, закладывали в условиях выровненного агротехнического фона

и высевом семян квадратно-гнездовым способом (2,5×2,5 см) [20].

Контролем в полевом опыте являлись сорта льна-долгунца селекции ФГБНУ ФНЦ ЛК, включенные в Госреестр селекционных достижений – Смолич, Антей, С-108. Дополнительным стандартом являлся сорт льна масличного Воронежский. Посевные качества семян оценивали в соответствии с ГОСТ Р 52325–2005 [21].

Определение сортовой однородности созданных семян льна-долгунца, выровненности растений льна по высоте, однородности по содержанию волокна в стебле, окраске семени в потомстве осуществляли с использованием метода грунтового контроля [22].

Инфекционно-провокационный фон на антракноз (*Colletotrichum Lini* Manns et Bolley), ржавчину (*Melampsora Lini* Desm.) создавали путем внесения инфекции в почву в день посева. Предварительно создавалась искусственная популяция патогенов из штаммов различной вирулентности [23].

Для получения типичного материала отбирали растения льна и оценивали по комплексу морфологических признаков, а также по цвету, массе семени и содержанию волокна в стебле.

Почва опытных участков во всех экспериментах дерново-подзолистая среднесуглинистая, хорошо окультуренная.

Посев семян сортов льна-долгунца, уход за растениями в опытах и уборку посевов проводили в сроки, рекомендованные методическими указаниями.

Сумма активных температур воздуха (выше 10 °С) за вегетационный период составляла в годы исследований 1850–1900 °С, количество выпадающих осадков – 260–295 мм (что соответствовало 43–49 % годовой нормы). Гидротермический коэффициент (по Селянинову), характеризующий особенности метеословий в период вегетации растений, составлял 2,2 ед. в 2016 г., 1,8 ед. – в 2017 г., 1,3 ед. – в 2018 г., 1,8 ед. – в 2019 г. Лишь в 2019 г. гидротермический коэффициент соответствовал оптимальному значению.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили в соответствии с методикой полевого опыта, изложенной у Б.А. Доспехова, методом дисперсионного анализа [24]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования, предусматривающие изучение реакции двадцати сортов льна-долгунца на условия выращивания в южном (Средне-Волжском)

регионе, позволили выявить ряд особенностей формирования количественных и качественных показателей семян. Семнадцать сортов обеспечили получение высокой урожайности семян – более 10 ц/га с уровнем сортового и посевного качества, соответствующим ГОСТ Р 52325–2005. У трех сортов – Смолич, Антей и С-108 – в потомстве были выявлены растения со светло-желтой окраской семян и повышенной массой семени. Семена этих сортов традиционно коричневого цвета, характеризовались повышенным уровнем депрессии при прорастании и силой роста на 7,7–13,4 % ниже по сравнению с семенами, выращенными в традиционном (Северо-Западном) регионе льносеяния.

После проведения улучшающих отборов растений со светло-желтой окраской семян были получены три линии, имеющие однородные по фенотипическому признаку семена. Исследования в инфекционно-провокационном питомнике на устойчивость к наиболее опасным болезням льна показали, что растения линий, имеющих светло-желтую окраску семян, характеризовались устойчивостью к антракнозу на уровне сорта-стандарта Альфа (около 50 %), а по устойчивости к ржавчине они превосходили сорт-стандарт более чем в 2 раза (37,5 против 16,7 %).

Параллельно созданные линии выращивали в луночном питомнике для проведения сравнительной оценки с сортами, из которых были отобраны растения с маркерным признаком, и дополнительным стандартом – сортом льна масличного. Общая высота растений у созданных линий Л-1, Л-2, Л-3 составляла 68,2–75,2 см при 69,1–76,8 см – у сортов-стандартов. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Исследования позволили установить, что линия Л-1, имеющая светло-желтую окраску семян, характеризовалась наибольшей ценностью. По таким показателям, как содержание волокна в стебле (31,8 %), масса единичного семени (5,8 мг), семенная продуктивность растения (количество семян в одной коробочке – 6,7 шт.) она превосходила стандарты: сорт, из которого был проведен отбор (Смолич), и сорт масличного льна Воронежский, а также другие полученные линии. Эту линию было предложено отнести к улучшенной долгунцовой форме льна с маркерным признаком (окраска семян), поскольку она отличалась от исходного сорта и имела более высокие значения морфологических показателей. Также эта линия может использоваться в качестве исходного се-

лекционного материала для создания сортов с высоким урожаем семян и волокна.

В результате исследований выявлено, что созданная линия Л-2 с семенами светло-желтой окраски (отбор был проведен из сорта льна-долгунца Антей), по признаку «высота растений» (68,2 см) больше напоминала линию льна масличного. Эта линия, обладая более высоким содержанием волокна в стебле, по сравнению с дополнительным стандартом – сортом масличного

льна Воронежский (30,6 против 24,8 %) характеризовалась повышенной крупностью семени (масса единичного семени 5,5 против 5,1 мг). В то же время линия Л-2 уступала сорту-стандарту Антей по количеству семян в одной коробочке (6,8 против 7,1 шт.) и содержанию волокна (30,6 против 31,2 %). Следовательно, созданная линия Л-2 обладала признаками льна масличного в большей степени, чем льна долгунцового.

Таблица 1

Результаты оценки растений льна с маркерным признаком семян по семенной продуктивности (среднее за 2016–2018 гг.)

Results of evaluation of flax plants with a marker seed trait for seed productivity (average for 2016–2018)

Морфологический признак	Линия, сорт льна									
	Л-1	Смолич	НСР _{0,5}	Л-2	Антей	НСР _{0,5}	Л-3	С-108	НСР _{0,5}	Воронежский
Количество: • коробочек, шт./20 растений	98	88		94	78		88	86		90
• семян в одной коробочке, шт.	6,7	7,0		6,8	7,1		7,2	7,0		7,1
• семян, шт./20 растений	660	620		640	560		640	600		640
Масса: • единичного семени, мг	5,8	5,0	0,7	5,5	5,0	$F_{0,5} > F_{\text{факт}}$	5,6	5,0	0,6	5,1
• 1000 шт. семян, г	5,76	5,02		5,54	5,04		5,58	5,49		5,10
Содержание волокна в стебле, %	31,8	28,9	$F_{0,5} > F_{\text{факт}}$	30,6	31,2	$F_{0,5} > F_{\text{факт}}$	28,4	27,7	$F_{0,5} > F_{\text{факт}}$	24,8

Созданная линия льна Л-3 также имела по сравнению с сортами-стандартами (С-108, Воронежский) более высокое содержание волокна в стебле (28,4 против 27,7 и 24,8 %) и повышенную массу семени (масса единичного семени – 5,6 против 5,0 и 5,1 мг). Данную линию предложено использовать в качестве селекционного материала для создания сортов льна-долгунца двойного назначения – для получения высокого урожая семян и волокна.

Последующая сравнительная оценка эффективности размножения созданных партий семян льна с маркерным признаком – окраской семян в полевых опытах позволила получить результаты, представленные в табл. 2.

В ходе исследований установлено, что линия Л-1 по сравнению с сортом-стандартом Смолич, а также сортом-стандартом Воронежский оказалась наиболее продуктивной по семенам, урожай-

ность семян составила 6,7 ц/га. Линия характеризовалась наибольшей массой 1000 шт. семян (5,46 г) и силой роста семян (масса ста сырых проростков семян – 2,3 г). Содержание волокна в стебле (27,9 %) у этой линии было выше, чем у стандарта – льна-долгунца сорта Смолич на 2,0 %, а по сравнению с сортом льна масличного Воронежский – на 4,9 %.

Выявлено, что линия Л-2 превосходила сорт стандарт Антей по урожайности семян на 1,8 ц/га, или на 40,0 % (6,3 и 4,5 ц/га соответственно), по силе роста семян – на 15,8 % (масса ста сырых проростков семян составила 2,2 г против 1,9 г). Однако эта линия льна уступала сорту льна-долгунца Антей по содержанию волокна в стебле (28,5 против 29,2 %), тогда как сорт масличного льна Воронежский линия превосходила по этому признаку (28,2 против 23,0 %).

Таблица 2

Урожайность и качество семян льна с маркерным признаком в условиях полевого опыта
(среднее за 2017–2019 гг.)

Yield and quality of flax seeds with a marker trait under field experiment conditions (average for 2017–2019)

Морфологический признак	Линия, сорт льна									
	Л-1	Смолич	НСР _{0,5}	Л-2	Антей	НСР _{0,5}	Л-3	С-108	НСР _{0,5}	Воронежский
Урожайность семян, ц/га	6,7	6,1	0,6	6,3	4,5	0,8	6,2	5,4	0,7	5,3
Всхожесть семян в полученном урожае, %	94	93		93	93		94	92		92
Масса 1000 шт семян в полученном урожае, г	5,46	5,00		5,04	4,51		5,11	4,62		4,93
Масса ста сырых проростков семян – сила роста семян, г	2,3	2,2		2,2	1,9		2,2	2,2		1,9
Содержание волокна в стебле растений в полученном урожае, %	27,9	25,9	$F_{0,5} > F_{\text{факт}}$	28,5	29,2	$F_{0,5} > F_{\text{факт}}$	27,1	25,7	$F_{0,5} > F_{\text{факт}}$	23,0

Линия Л-3 по всем исследуемым показателям превосходила как сорт-стандарт льна-долгунца С-108, так и сорт масличного льна Воронежский.

Результаты исследований по изучению эффективности размножения семенного материала линий льна с маркерным признаком подтвердили данные, полученные при их размножении в условиях луночного посева.

Результаты оценки однородности созданных линий льна по высоте и содержанию волокна в

стебле, которые являются сортовыми признаками во многом характеризуют уровень их стабильности, эффективность отбора. Исследования позволили установить, что все созданные линии льна характеризовались высоким уровнем однородности по количеству волокна в стебле и высоте растений. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты оценки выровненности растений линий льна по высоте и однородности по содержанию волокна в стебле методом грунтового контроля (среднее за 2018–2020 гг.)

Results of assessing the evenness of flax plant lines by height and homogeneity by fiber content in the stem using the soil control method (average for 2018–2020)

Коэф. вариации признака, %	Линия, сорт льна						
	Л-1	Смолич	Л-2	Антей	Л-3	С-108	Воронежский
По высоте растений*	4,2	4,1	3,6	3,7	4,5	5,6	3,2
По содержанию волокна в стебле**	3,4	2,1	4,2	4,3	4,1	3,4	2,3

Примечание: * 6,0 % и менее – высокая однородность; ** 5,0 % и менее – высокая однородность.

Анализ данных показал, что коэффициент вариации по высоте растений у созданных линий льна (Л-1, Л-2, Л-3) изменялся в пределах

от 3,6 % у линии Л-2 до 4,5 % у линии Л-3, по содержанию волокна в стебле – от 3,4 % у линии Л-1 до 4,2 % у линии Л-2. Линии и сорта

считаются однородными по высоте растений, если коэффициент вариации составляет 6,0 % и менее, а по содержанию волокна в стебле – 5,0 % и менее. Наименьшей вариабельностью по признаку «высота растений» обладал сорт-стандарт Воронежский, а из созданных линий – Л-2, полученная из сорта Антей. По признаку «содержание волокна в стебле» наименее вариабелен был сорт Воронежский и созданная линия Л-1, полученная из сорта Смолич. Результаты исследований свидетельствуют о том, что созданные линии были выровненными по высоте растений и однородными по содержанию волокна в стебле.

Полученный семенной материал линий льна с маркерным признаком – светло-желтой окраской семян в 2020 г. был размножен в питомнике первичного семеноводства, а в последующем включен в признаковую коллекцию льна для использования в селекционно-семеноводческом процессе.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Одним из перспективных направлений в научном обеспечении селекции и семеноводства льна является создание высококачественных семян культуры с маркерными признаками. Поэтому изучение эффективности создания семян льна с маркерным признаком, их количественных и качественных показателей и характеристик для последующего использования в селекции и семеноводстве является перспективным направлением исследований. В результате исследований из сортов Смолич, Антей, С-108 выделены новые ценные линии льна и получены семена с маркерным признаком – светло-желтой их окраской. Новая, выделенная из сорта Смолич, линия льна Л-1, отнесенная к улучшенному аналогу долгунцового льна, превосходила стандарт по массе семени, содержанию волокна в стебле и урожайности семян. Линия льна Л-2, выделенная из сорта Антей, обладала высоким содержанием волокна в стебле, повышенной массой семени и соответствовала по морфологическим признакам масличной форме. Выделенная из сорта С-108

линия Л-3 по урожайности семян превосходила стандарт и характеризовалась повышенной массой семени и высоким содержанием волокна в стебле. Созданные линии переданы в признаковую коллекцию льна ФГБНУ ФНЦ ЛК для использования в селекционном процессе в качестве исходного материала.

ВЫВОДЫ

1. Проведение целенаправленных отборов растений позволило выделить из сортов Смолич, Антей, С-108 новые ценные линии льна и получить семена с маркерным признаком – светло-желтой окраской.

2. Установлено, что наибольшей ценностью характеризовалась линия льна Л-1, которая превосходила стандарт по массе семени на 16,0 %, а также по содержанию волокна в стебле на 2,9 % и урожайности семян на 9,8 %. Линия Л-1 по своим характеристикам отнесена к улучшенному аналогу долгунцового льна.

3. Выявлена линия льна Л-2, которая, обладая высоким содержанием волокна в стебле – 30,6 % (сорт-стандарт Антей – 24,8 %), повышенной массой семени – 5,5 г (сорт-стандарт Антей – 5,1 мг), соответствовала по морфологическим признакам масличной форме.

4. В результате исследований выделена линия Л-3, которая по урожайности семян превосходила стандарт, сорт С-108, на 14,8 % и одновременно характеризовалась повышенной массой семени и высоким содержанием волокна в стебле. Линия льна Л-3 передана в признаковую коллекцию как ценный селекционный материал двухстороннего использования – для получения семян и волокна высокого качества.

5. Все созданные линии пополнили признаковую коллекцию льна ФГБНУ ФНЦ ЛК как ценный исходный материал для селекции и семеноводства культуры.

Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания Федерального научного центра лубяных культур FGSS-2024-0005.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новиков Э.В., Басова Н.В., Безбабченко А.В. Лубяные культуры России и за рубежом: состояние, проблемы и перспективы развития // Технические культуры. – 2021. – № 1. – С. 30–40. – DOI: 10.54016/svitok.1.1.005.
2. Реакция сортов льна-долгунца на нормы высева, сроки сева и оптимизацию минерального питания на дерново-подзолистых среднекультуренных почвах в условиях Псковской области / А.Д. Степин, М.Н. Рысев, Т.А. Рысева [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – № 21 (6). – С. 764–776. – DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.764-776.

3. *A comparative study between Europe and China in crop management of two types of flax: linseed and fibre flax* / K. Heller, Q.C. Sheng, F. Guan [et al.] // *Industrial Crops and Products*. – 2015. – Vol. 68. – P. 24–31. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.07.010.
4. Янышина А.А. Мониторинг содержания сортовой примеси в питомниках первичного и элитного семеноводства льна-долгунца // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2021. – № 4 (56). – С. 85–90. – DOI: 10.18286/1816-4501-2021-4-85-90. *Bayesian analysis of cultivar and climate effects on seed and oil production in linseed* / G. Fila, M. Montanari, C. Maestrini, M. Bagatta // *Industrial Crops and Products*. – 2024. – Vol. 218. – P. 118883. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2024.118883.
5. *Разнообразие морфологических признаков льна в генетической коллекции ВИР как результат его domestikации* / Е.А. Пороховинова, С.Н. Кутузова, А.В. Павлов [и др.] // *Экологическая генетика*. – 2018. – Т. 16, № 4. – С. 33–50. – DOI: 10.17816/ecogen16433-50.
6. *Flax stems: from a specific architecture to an instructive model for bioinspired composite structures* / C. Baley, C. Goudenhooff, M. Gibaud, A. Bourmaud // *Bioinspir. Biomim.* – 2018. – Vol. 13. – P. 26007. – DOI: 10.1088/1748-3190/aaa6b7.
7. Понажев В.П., Виноградова Е.Г. Развитие селекции и семеноводства льна-долгунца – важнейший ресурс повышения эффективности льноводства России // *Технические культуры*. – 2022. – № 1. – С. 30–39. – DOI: 1054016/ svitok.2022.71.55.004.
8. Кудряшова Т.А., Виноградова Т.А., Козьякова Н.Н. Конкурентоспособность отечественных сортов льна-долгунца по выходу и качеству длинного волокна при переработке льнотресты в современных условиях производства // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2020. – № 3 (56). – С. 55–65. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-56-3-55-65.
9. *Winter flax: Stem structure, fibre properties and reinforcement potential for composite materials* / A. Hue, C. Buffet, P. D'Arras [et al.] // *Industrial Crops and Products*. – 2024. – Vol. 217. – P. 1. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2024.118831.
10. *Characteristics of the New Fiber Flax Variety HERA in Terms of Fiber Quality Parameters Regard to Agronomic Assessment and Seeds Quality* / M. Praczyk, A. Kicinska-Jakubowska, B. Romanowska [et al.] // *Journal of natural fibers*. – 2024. – № 1 (21). – 2301669.
11. *Influence of the morphology characters of the stem on the lodging resistance of Marylin flax* / A. Bourmaud, M. Gibaud, A. Lefeuvre [et al.] // *Industrial Crops and Products*. – 2014. – Vol. 66. – P. 27–37. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.11.047.
12. Влияние нормы высева на урожайность льна-долгунца сорта Феникс в условиях Смоленской области / С.М. Зуева, А.М. Конова, А.Ю. Гаврилова [и др.] // *Аграрный научный журнал*. – 2022. – № 12. – С. 31–35. – DOI: 10.28983/asj.y2022i12pp31-35.
13. Понажев В.П., Козьякова Н.Н. Методы ускоренного создания обновленных семян льна высокого качества в первичном семеноводстве // *Аграрная наука*. – 2024. – № 1 (9). – С. 114–118. – DOI: 10.32634/0869-8155-2024-386-9-114-118.
14. Пролетова Н.В., Зотова В.С. Влияние селективных условий *in vitro* на изменчивость создаваемых форм льна // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2024. – № 4. – С. 95–107.
15. Богдан В.З. Генофонд, методы и результаты селекции льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) в Республике Беларусь: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Жодино, 2024. – 47 с.
16. Понажев В.П., Козьякова Н.Н. Эффективность методов позитивного отбора исходного материала льна-долгунца в первичном семеноводстве // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2024. – № 3 (67). – С. 66–74. – DOI: 10.18286/1816-4501-2024-3-66-74.
17. Янышина А.А., Понажев В.П. Изменение сортовой чистоты семян льна-долгунца при засорении семенами межеумочной формы льна в процессе репродукции их в питомниках первичного семеноводства // *Аграрный вестник Верхневолжья*. – 2020. – № 3. – С. 43–47. – DOI: 10.35523/2307-5872-2020-32-3-43-47.
18. Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца: метод. указ. / В.П. Понажев, Л.Н. Павлова, Т.А. Рожмина [и др.]. – Тверь, 2014. – С. 92–94.
19. Янышина А.А., Павлова Л.Н., Рожмина Т.А. Первичное семеноводство льна-долгунца: метод. указ. – Тверь, 2010. – 59 с.
20. *ГОСТ 52325–2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия*. – М.: Стандартинформ, 2005. – 20 с.
21. Янышина А.А. Сортный контроль льна-долгунца: метод. указ. – М.: Россельхозакадемия, 1999. – 21 с.
22. Крылова Т.В., Лошакова Н.И. Методические рекомендации по созданию искусственной полевой популяции возбудителей болезней льна. – Тверь, 2009. – 11 с.
23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами стат. обработки результатов исследований): учеб. для студ. высш. с.-х. учеб. заведений по агроном. спец. – М.: Альянс. – 2011. – 350 с.

REFERENCES

1. Novikov E.V., Basova N.V., Bezbabchenko A.V., *Tekhnicheskie kul'tury*, 2021, No. 1, pp. 30–40, DOI: 10.54016/svitok.1.1.005. (In Russ.)

2. Stepin A.D., Rysev M.N., Ryseva T.A., Utkina S.V., Romanova N.V., *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2020, No. 21 (6), pp. 764–776, DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.764-776. (In Russ.)
3. Heller K., Sheng Q.C., Guan F., Alexopoulou E., Hua L.S., Wu G.W., et al., A comparative study between Europe and China in crop management of two types of flax: *linseed and fibre flax*, *Industrial Crops and Products*, 2015, Vol. 68, pp. 24–31, DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.07.010.
4. Yanyshina A.A., *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2021, No. 4 (56), pp. 85–90, DOI: 10.18286/1816-4501-2021-4-85-90. (In Russ.)
5. Fila G., Montanari M., Maestrini C., Bagatta M., Bayesian analysis of cultivar and climate effects on seed and oil production in linseed, *Industrial Crops and Products*, 2024, Vol. 218, pp. 118883, DOI: 10.1016/j.indcrop.2024.118883.
6. Porokhovina E.A., Kutuzova S.N., Pavlov A.V. et al., *Ekologicheskaya genetika*, 2018, Vol. 16, No. 4, pp. 33–50, DOI: 10.17816/ecogen16433-50. (In Russ.)
7. Baley C., Goudenhooff C., Gibaud M., Bourmaud A., Flax stems: from a specific architecture to an instructive model for bioinspired composite structures, *Bioinspir. Biomim*, 2018, Vol. 13, pp. 26007, DOI: 10.1088/1748-3190/aaa6b7.
8. Ponazhev V.P., Vinogradova E.G., *Tekhnicheskie kul'tury*, 2022, No. 1, pp. 30–39, DOI: 1054016/svitok.2022.71.55.004. (In Russ.)
9. Kudryashova T.A., Vinogradova T.A., Kozyakova N.N., *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2020, No. 3 (56), pp. 55–65, DOI: 10.31677/2072-6724-2020-56-3-55-65. (In Russ.)
10. Hue A., Buffet C., D'Arras P. et al., Winter flax: Stem structure, fibre properties and reinforcement potential for composite materials, *Industrial Crops and Products*, 2024, Vol. 217, pp. 1, DOI: 10.1016/j.indcrop.2024.118831.
11. Praczyk M., Kicinska-Jakubowska A., Romanowska B., MD Masud Alam, Wielgus K., Banach J., Characteristics of the New Fiber Flax Variety HERA in Terms of Fiber Quality Parameters Regard to Agronomic Assessment and Seeds Quality, *Journal of natural fibers*, 2024, No. 1 (21), 2301669.
12. Bourmaud A., Gibaud M., Lefeuvre A., Morvan C., Baley C., Influence of the morphology characters of the stem on the lodging resistance of Marylin flax, *Industrial Crops and Products*, 2014, Vol. 66, pp. 27–37, DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.11.047.
13. Zueva S.M., Konova A.M., Gavrilova A.Yu., Traburova E.A., Chekhalkov S.M., *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*, 2022, No. 12, pp. 31–35, DOI: 10.28983/asj.y2022i12pp31-35. (In Russ.)
14. Ponazhev V.P., Kozyakova N.N., *Agrarnaya nauka*, 2024, No. 1 (9), pp. 114–118, DOI: 10.32634/0869-8155-2024-386-9-114-118. (In Russ.)
15. Proletova N.V., Zotova V.S., *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2024, No. 4, pp. 95–107. (In Russ.)
16. Bogdan V.Z., *Genofond, metody i rezul'taty seleksii l'na-dolguntsa (Linum usitatissimum L.) v Respublike Belarus'* (Gene pool, methods and results of fiber flax (*Linum usitatissimum* L.) selection in the Republic of Belarus), Abstract of Doctor of Agricultural Sciences, Zhodino, 2024, pp. 22–25.
17. Ponazhev V.P., Kozyakova N.N., *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2024, No. 3 (67), pp. 66–74, DOI: 10.18286/1816-4501-2024-3-66-74. (In Russ.)
18. Yanyshina A.A., Ponazhev V.P., *Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya*, 2020, No. 3, pp. 43–47, DOI: 10.35523/2307-5872-2020-32-3-43-47. (In Russ.)
19. Ponazhev V.P., Pavlova L.N., Rozhmina T.A. et al., *Seleksiya i pervichnoe semenovodstvo l'na-dolguntsa* (Breeding and primary seed production of fiber flax), Tver, 2014, pp. 92–94.
20. Yanyshina A.A., Pavlova L.N., Rozhmina T.A., *Pervichnoe semenovodstvo l'na-dolguntsa* (Primary seed production of fiber flax), Tver, 2010, 59 p.
21. *GOST 52325-2005*. Seeds of agricultural plants. Varietal and sowing qualities. General specifications, Moscow: Standartinform, 2005, 20 p.
22. Yanyshina A.A., *Sortovoy gruntovoy kontrol' l'na-dolguntsa* (Varietal soil control of flax), Moscow: Russian Agricultural Academy, 1999, 21 p.
23. Krylova T.V., Loshakova N.I., *Metodicheskie rekomendatsii po sozdaniyu iskusstvennoy polevoy populyatsii vozbuditeley bolezney l'na* (Methodological recommendations for creating an artificial field population of flax pathogens), Tver, 2009, 11 p.
24. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Field experiment methodology), Moscow: Alliance, 2011, 295 p.

Информация об авторах:

В.П. Понажев, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

Н.В. Пролетова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

Contribution of the authors:

V.P. Ponazhev, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher

N.V. Proletova, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.