

DOI 10.33952/2542-0720-2021-3-27-135-143

УДК 633:521:631:521

Понажев В. П.

## СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЬНА С МАРКЕРНЫМ ПРИЗНАКОМ – ЖЕЛТОЙ ОКРАСКОЙ СЕМЯН

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

**Реферат.** Создание исходного материала льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) с маркерными признаками – перспективное направление селекции, определяющее эффективность выведения сортов с улучшенными свойствами. Цель исследований – создание исходного материала льна для получения семян, обладающих маркерным признаком (желтой окраской) и повышенной массой. Исследования выполняли в ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» в 2015–2018 гг. В работе использованы сорта льна-долгунца: Смолич, Антей, С-108, формы, полученные из этих сортов. Указанные сорта являлись контролем. Закладку питомников осуществляли в условиях выровненного агрофона, с высеваем семян квадратным способом (2,5×2,5 см). Эксперименты проведены в соответствии с действующими методиками, в том числе фитопатологического тестирования. Почва участка – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, окультуренная. Гидротермический коэффициент составлял: в 2015 г. – 1,3, 2016 г. – 2,2, 2017 г. – 1,8, 2018 г. – 1,3 единицы. При проведении отбора растений льна получены три его формы с маркерным признаком – желтой окраской семян. Селекционной ценностью обладала желтосемянная форма 1. Она превосходила сорт-стандарт Смолич по массе семени на 0,8 мг (16,0 %), урожайности семян – 0,06 т/га (9,8 %). Форма 1 отнесена к улучшенной линии льна-долгунца. Форма № 3 по сравнению с сортом-стандартом С-108 имела более высокую массу семени (5,6 мг). По урожайности семян эта форма превосходила стандарт на 0,08 т/га (14,8 %), массе 1000 семян – 0,49 г (10,6 %). Форма № 3 – это селекционный материал для создания сортов двустороннего использования. Форма № 2 имела признаки линии льна масличного. Она превышала сорт стандарт Антей по урожайности семян на 0,18 т/га (40 %), массе 1000 семян – 0,53 г (11,2 %). Созданный материал, обладающий селекционной ценностью, передан для пополнения биоресурсной коллекции льна, банка признаковой коллекции и включен в селекционный процесс.

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

**Для цитирования:** Понажев В. П. Создание исходного материала льна для получения семян с маркерным признаком – желтой окраской // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3(27). С. 135–143. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-135-143.

**For citation:** Ponazhev V. P. Creation of *Linum usitatissimum* initial material with marker sign – yellow-colored seeds // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 3(27). P. 135–143. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-135-143.

### Введение

Лен-долгунец является важнейшей технической культурой, позволяющей обеспечить импортозамещение хлопка. Решение проблемы импортозамещения и производства необходимого объема льнопродукции во многом определяется состоянием селекции и семеноводства льна-долгунца, возможностью гарантированного обеспечения льняной отрасли семенами высокого качества.

Сорта льна-долгунца отечественной селекции обладают высокой продуктивностью, комплексной устойчивостью к болезням и полеганию. Они превосходят зарубежные аналоги по устойчивости к болезням, адаптивному потенциалу, имеют менее продолжительный вегетационный период [1–4]. В создании многих из них использовался селекционный материал из признаковой коллекции, полученный в результате его оценки на устойчивость к эдафическим факторам среды, стрессам и болезням [5–7]. Это позволило расширить ареал выращивания новых сортов, повысить эффективность использования их биологического потенциала, особенно в экстремальных условиях [8–10]. Вместе с тем остается не полностью решенной проблема выведения новых сортов льна, обладающих высокой урожайностью, а также повышенной массой семени, обеспечивающей высокую энергию прорастания, начального роста и развития растений. Приоритетом в зарубежной селекции, в отличие от отечественной, является создание крупносемянных сортов льна-долгунца. Некоторые из них включены в Госреестр селекционных достижений РФ (Мерилин, Агата). Недостаточно используется в селекции направление, связанное с созданием сортов льна-долгунца с маркерными признаками, что способствовало бы снижению затрат труда, повышению уровня сортового и семенного контроля в семеноводстве, повышению качества семенного материала. Среди отечественных сортов льна-долгунца, в отличие от западноевропейских, почти отсутствуют сорта, обладающие маркерными признаками, в том числе другой окраской семян. Это могло бы расширить возможности применения семенной продукции таких сортов [11]. Основная причина – отсутствие для этого исходного селекционного материала. Использование данного направления зарубежными селекционерами позволило создать ряд сортов, обладающих светло-коричневой окраской семян и белоцветковостью (Мерилин, Белинка и другие). Методы создания такого материала в селекции основаны на проведении многократных индивидуальных и трудоемких отборов, оценки его по комплексу хозяйственно ценных признаков и получении качественных семян для дальнейшего испытания. Главными показателями посевного качества семян льна-долгунца являются всхожесть, масса 1000 семян, отсутствие зараженности болезнями. К фенотипическим показателям качества относятся выполненность и окраска семян. На формирование качества семенного материала оказывает влияние совокупность биологических, технологических и метеорологических факторов. Некоторые из них значительно снижают качественные характеристики семян, в том числе их фенотипические признаки из-за поражения болезнями [12, 13]. Поэтому очень важным является осуществление отбора исходного материала по признакам семенной продуктивности, что повышает эффективность селекционной работы [14].

**Цель исследований** – создание исходного материала льна для получения семян, обладающих маркерным признаком (желтой окраской) и повышенной массой.

#### **Материалы и методы исследований**

Исследования проводили на опытном поле и в лаборатории селекционно-семеноводческих технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (Тверская область) в 2015–2018 гг. Предметом исследований являлись сорта-стандарты льна-долгунца: Смолич, Антей, С-108, льна масличного – Воронежский и 3 формы (линии) льна, которые были получены в процессе отбора растений из посевов этих сортов, выращенных в условиях Средне-Волжского (южного) региона. Эти растения отличались желтой окраской семени и повышенной массой семени. Объект исследований – селекционный процесс: индивидуальный

отбор и анализ растений по комплексу хозяйственно ценных признаков с последующим высевом потомств, отобранных растений, проведение индивидуального отбора и анализа растений по тем же признакам.

Эксперименты выполняли в соответствии с действующими методиками [15–17]. Закладку питомников для отбора и оценки растений льна на однородность по цвету семян (маркерному признаку) осуществляли в условиях выровненного агрофона с высевом семян квадратным способом ( $2,5 \times 2,5$  см). Отобранные растения льна оценивали по комплексу морфологических показателей (общая высота, техническая длина стебля, количество коробочек на растении) и хозяйственно-ценных признаков (устойчивость к болезням, однородность по содержанию волокна в стебле, семенная продуктивность). Посевные качества семян оценивали в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52325-2005.

Контролем в полевом эксперименте служили соответствующие сорта льна-долгунца (Смолич, Антей, С-108), а также льна масличного (Воронежский) с целью исключения принадлежности изучаемых форм ко льну масличному. Определение сортовой однородности семян сортов льна-долгунца Смолич, Антей, С-108 осуществляли с использованием метода грунтового контроля [18].

Оценку однородности растений льна по высоте, содержанию волокна в стебле и окраске семени в потомстве осуществляли методом грунтового контроля в условиях выровненного агрофона [18]. Особенности метода позволяют рассчитать коэффициент вариации признаков и не предусматривают определение достоверности различий между вариантами опыта. Посев семенного материала проводили квадратным способом ( $2,5 \times 2,5$  см).

Инфекционно-провокационный фон антракноза (*Colletotrichum lini* Mannst et Bolley), ржавчину (*Melampsora lini* Pers.Lev) создавали путем внесения инфекции в почву в день посева. Предварительно создавалась искусственная популяция патогенов из штаммов различной вирулентности. Инфекционно-провокационный фон на пасмо (*Septoria linicola* Speg Gar.) создавали путем внесения инокулюма (отрезки соломы, пораженные пасмо) в почву в день посева. Для усиления инфекционного фона по всходам раскладывали пораженную льносолому восприимчивого к этому патогену сорта льна [19–21]. Славный 82 и Альфа – стандарты по восприимчивости к болезням. Поражение растений болезнями оценивали по четырехбалльной шкале [20–22]. Почва опытных участков во всех экспериментах – дерново-подзолистая среднесуглинистая, хорошо окультуренная:  $pH_{KCl}$  – 5,1–5,4;  $P_2O_5$  – 232–316 мг/кг;  $K_2O$  – 130–152 мг/кг. Кислотность почвы ( $pH_{KCl}$ ) определяли ионометрическим методом, содержание подвижных форм фосфора и калия – методом Кирсанова.

В районе проведения исследований (Тверская область, Торжокский район) сумма активных температур воздуха (выше  $10^\circ C$ ), за вегетационный период составляет 1850–1900  $^\circ C$ , количество осадков – 260–295 мм (43–49 % годовой нормы). Гидротермический коэффициент за вегетационный период (по Селянинову) составляет 1,5–1,7 единиц (в отдельные засушливые годы – менее 1,0, влажные – более 2,0 единиц) [22].

Метеоусловия 2015 г. характеризовались засушливостью в первой половине вегетации растений (осадков выпало в 2,3 раза меньше нормы) и удерживанием среднесуточной температуры воздуха на  $1^\circ C$  выше нормы. Во второй половине вегетации температура и осадки находились в пределах нормы. ГТК в течение вегетации составил 1,3 единицы.

Метеоусловия 2016 г. характеризовались избыточным количеством осадков в течение вегетации (на 50,4 % выше нормы) и повышенной среднесуточной

температурой воздуха, которая превысила норму на 2,2 °С). ГТК – 2,2. В 2017 г. температурный фон и количество выпавших осадков находились в пределах среднемноголетних значений, а ГТК не превысил 1,8 единицы. В 2018 г. температура и осадки в течение вегетации были близки к оптимальным значениям. ГТК составил 1,3 единицы.

Статистическая обработка опытных данных осуществлялась согласно методике полевого опыта с использованием метода дисперсионного анализа, критерия Фишера для оценки однородности дисперсий, других критериев, характеризующих значимость различий [23].

### Результаты и их обсуждение

В результате многократного индивидуального отбора были получены однородные по фенотипическому признаку (окраске семян) растения льна. Исследования в инфекционно-провокационном питомнике показали, что устойчивость растений с желтой окраской и повышенной массой семени к поражению антракнозом и пасмо составила соответственно 38,2 и 29,9 % против 39,5–44,4 и 64,7–66,7 % у сортов-стандартов по восприимчивости к болезням льна-долгунца Славный 82 и Альфа (таблица 1).

**Таблица 1 – Устойчивость растений льна с желтой окраской семян (на примере формы № 1) к поражению болезнями в инфекционно-провокационном питомнике (среднее за 2015–2016 гг.)**

Сорт/форма	Устойчивость к болезням, %		
	антракноз	пасмо	ржавчина
С желтой окраской семян	38,2	29,9	37,5
Славный 82 (St.)	39,5	66,7	2,9
Альфа (St.)	44,4	64,7	16,7
НСР <sub>05</sub>	11,3	16,8	14,8

Экспериментальные данные свидетельствуют о меньшей восприимчивости (большей устойчивости) растений льна с желтой окраской семян к ржавчине, чем растений сортов-стандартов Славный 82, Альфа.

Результаты последующей сравнительной оценки полученных желтосемянных форм льна представлены в таблице 2.

Исследования показали, что наибольшей ценностью обладала желтосемянная форма № 1. По массе единичного семени (5,8 мг) она превосходила сорт-стандарт Смолич на 0,8 мг (16,0 %), урожайности семян – на 0,06 т/га (9,8 %). Она может считаться улучшенной долгунцовой формой льна, имея при этом маркерный признак – желтую окраску семени.

Форма № 3 также имела преимущество перед сортом-стандартом С-108. Она обладала повышенной массой семени (5,6 г) и характеризовалась урожайностью семян, которая на 0,08 т/га (14,8 %) превосходила стандарт. В качестве исходного материала эта форма может использоваться при создании сортов льна двойного назначения.

Форма № 2 по общей высоте растения больше напоминала линию льна масличного. Она превосходила сорт-стандарт Антей по урожайности семян на 0,18 т/га (40,0 %), массе 1000 штук – 0,53 г (11,2 %) и содержала при этом 30,6 % волокна в стеблях.

Сравнительная оценка эффективности размножения созданных партий семян льна с желтой окраской с использованием узкорядного способа посева (междурядье 7,5 см) представлена в таблице 3.

**Таблица 2 – Результаты оценки растений льна с желтой окраской семени (маркерным признаком) по морфологическим показателям и семенной продуктивности (среднее за 2016–2018 гг.)**

Сорт/форма	Общая высота растения, см	Количество коробочек на растении, шт.	Количество семян на растении, шт.	Масса единичного семени, мг	Содержание волокна в стебле, %
Желтосемянная форма № 1	75,2	4,9	33	5,8	31,8
Смолич (St.)	76,8	4,4	31	5,0	28,9
НСР <sub>05</sub>	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	0,7	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>
Желтосемянная форма № 2	68,2	4,7	32	5,5	30,6
Антей (St.)	69,1	3,9	28	5,0	31,2
НСР <sub>05</sub>	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>
Желтосемянная форма № 3	74,2	4,4	32	5,6	28,4
С-108 (St.)	75,5	4,3	30	5,0	27,7
НСР <sub>05</sub>	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	0,6	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>
Воронежский (St.) (лен масличный)	65,9	4,5	32	5,1	24,8

**Таблица 3 – Урожайность и качество семян льна с желтой окраской (маркерным признаком) в процессе их размножения (среднее за 2017–2018 гг.)**

Сорт/форма	Урожайность семян, т/га	Всхожесть семян, %	Масса 1000 семян, г	Содержание волокна в стебле, %
Желтосемянная форма № 1	0,67	94	5,46	27,9
Смолич (St.)	0,61	93	5,00	25,9
НСР <sub>05</sub>	0,06	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>
Желтосемянная форма № 2	0,63	93	5,04	28,5
Антей (St.)	0,45	93	4,51	29,2
НСР <sub>05</sub>	0,08	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	0,39	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>
Желтосемянная форма № 3	0,62	94	5,11	27,1
С-108 (St.)	0,54	92	4,62	25,7
НСР <sub>05</sub>	0,07	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>	0,46	F <sub>05</sub> > F <sub>факт.</sub>
Воронежский (St.) (лен масличный)	0,53	92	4,93	23,0

Желтосемянная форма № 1 по сравнению с сортом-стандартом Смолич оказалась более урожайной по семенам (0,67 т/га). Желтосемянная форма № 2 превосходила сорт-стандарт Антей по урожайности семян на 0,18 т/га или на 40,0 %, по массе 1000 семян на 0,53 г или на 11,2 %. Все желтосемянные формы льна имели преимущество перед своими сортами-стандартами льна-долгунца (Смолич, Антей, С-108) по урожайности семян, а формы №№ 2, 3 и по массе их 1000 штук.

Таким образом, результаты оценки эффективности размножения желтосемянных форм льна в узкорядном посеве в определенной степени подтвердили данные, полученные при их испытании в условиях выровненного агрофона с площадью питания растений 2,5 × 2,5 см.

При изучении созданных новых форм льна очень важным является оценка их растений на однородность по высоте и содержанию волокна в стебле. Эти показатели, являясь сортовыми признаками, во многом характеризуют уровень стабильности, эффективность проведенного отбора и тестирования растений. Растения желтосемянных форм льна характеризовались хорошей однородностью по содержанию волокна в стебле и высоте растений (таблица 4).

**Таблица 4 – Однородность растений желтосемянных форм льна по высоте и содержанию волокна в стебле (среднее за 2017–2018 гг.)**

Сорт/форма	Однородность растений – $C_v$ , %	
	по высоте	по содержанию волокна в стебле
Желтосемянная форма № 1	4,2	3,4
Смолич (St.)	4,1	2,1
Желтосемянная форма № 2	3,6	4,2
Антей (St.)	3,7	4,3
Желтосемянная форма № 3	4,5	4,1
С-108 (St.)	5,6	3,4
Воронежский (St.) (лен масличный)	3,2	2,3

Коэффициент вариации по высоте растений у желтосемянных форм изменялся в пределах 3,6–4,5 %, по содержанию волокна в стебле – 3,4–4,2 % (5 % и выше – уровень однородности удовлетворительный, а менее 5 % – хороший).

Показатели однородности растений у сортов-стандартов незначительно отличались от значений однородности у новых форм льна с маркерным признаком. Полученный оригинальный материал всех желтосемянных форм льна передан для пополнения одной крупнейшей в мире биоресурсной коллекции льна (более 7,0 тыс. образцов), находящейся в ФГБНУ ФНЦ ЛК, включен в признаковую коллекцию льна, а также в селекционный процесс с осуществлением при этом параллельного размножения семян.

#### Выводы

В процессе отбора созданы и размножены три высокопродуктивные формы (селекционные линии) льна с маркерным признаком – желтой окраской семян. Формы 1 и 3 обладали к тому же повышенной массой семени. Установлено, что селекционной ценностью обладала желтосемянная форма № 1. Она превосходила сорт-стандарт Смолич по массе семени на 0,8 мг (16,0 %), урожайности семян – 0,06 т/га (9,8 %). Отмечено, что данная форма льна характеризовалась хорошей выровненностью по высоте растений ( $C_v = 4,2$  %) и содержанию волокна в стебле ( $C_v = 3,4$  %). По комплексу оценочных признаков желтосемянная форма № 1 отнесена к улучшенной линии льна-долгунца. Выявлено, что желтосемянная форма № 3 по сравнению с сортом-стандартом С-108 также имела более высокую массу семени (5,6 мг). По урожайности семян эта форма превосходила стандарт на 0,08 т/га (14,8 %). Форма 3 с маркерным признаком – это селекционный материал, обладающий хозяйственно полезными признаками для двустороннего использования в селекции.

Форма № 2, характеризуясь пониженной высотой растений, в большей степени имела признаки линии льна масличного, одновременно обладая по сравнению с сортом-стандартом Антей более высокой урожайностью семян (0,63 против 0,45 т/га) и массой 1000 семян, а также маркерным признаком – желтой окраской семени.

Созданный оригинальный материал передан для пополнения биоресурсной коллекции льна, банка признаковой коллекции и включен в селекционный процесс.

*Работа выполнена в рамках Госзадания по теме № 0477-2019-0016.*

#### Литература

1. Рожмина Т. А. Научные достижения – важнейший ресурс возрождения льняной отрасли России // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы, перспективы: научное пособие. Тверь: Тверской госуниверситет, 2018. С. 3–13.

2. 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.
3. Ван Мансвельт Я. Д., Темирбекова С. К. Органическое сельское хозяйство: принципы, опыт и перспективы // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 53. № 3. С. 478–486. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.478rus.
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (официальное издание). Т. 1: Сорта растений. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2020. 496 с.
5. Dmitriev A. A., Krasnov G. S., Rozhmina T. A., Kishlyan N. V., Zyablitsin A. V., Sadritdinova A. F., Snezhkina A. V., Fedorova M. S., Yurkevich O. Y., Muravenko O. V., Bolsheva N. L., Kudryavtseva A. V., Melnikova N. V. Glutathione S-transferases and UDP-glycosyltransferases are involved in response to aluminum stress in flax // Front. Plant. Sci. 2016. DOI: 10.3389/fpls.2016.01920.
6. Dmitriev A. A., Kudryavtseva A. V., Bolsheva N. L., Zyablitsin A. V., Rozhmina T. A., Kishlyan N. V., Krasnov G. S., Speranskaya A. S., Krinitsina A. A., Sadritdinova A. F., Snezhkina A. V., Fedorova M. S., Yurkevich O. Yu., Muravenko O. V., Belenikin M. S., Melnikova N. V. miR319, miR390, and miR393 are involved in aluminum response in flax (*Linum usitatissimum* L.) // BioMed Research International. 2017. Vol. 2017. Article ID 4975146. DOI: 10.1155/2017/4975146.
7. Dmitriev A. A., Krasnov G. S., Rozhmina T. A. Novakovskiy R. O., Snezhkina A. V., Fedorova M. S., Yurkevich O. Yu., Muravenko O. V., Bolsheva N. L., Kudryavtseva A. V. Melnikova N. V. Differential gene expression in response to *Fusarium oxysporum* infection in resistant and susceptible genotypes of flax (*Linum usitatissimum* L.) // BMC Plant Biol. 2017. Vol. 17. Iss.S2. Article number: 253. DOI: 10.1186/s12870-017-1192-2.
8. Caser M., Lovisolo C. Scariot V. The influence of water stress on growth ecophysiology and ornamental quality of potted *Primula vulgaris* Heidy plants. New insights to increase water use efficiency in plant production // Plant Growth Regulation 2017. Vol. 83. P. 361–373. DOI: 10.1007/s10725-017-0301-4.
9. Figueiredo N., Carranca C., Trindade H., Pereira J., Goufo P., Coutinho J., Marques P., Maricato R., de Varennes A. Elevated carbon dioxide and temperature effects on rice yield leaf greenness, and phenological stages duration // Paddy and Water Environment. 2015. Vol. 13. P. 313–324. DOI: 10.1007/s10333-014-0447-x.
10. Dmitriev A. A., Kudryavtseva A. V., Krasnov G. S., Rozhmina T. A. Koroban N. V., Speranskaya A. S., Krinitsina A. A., Belenikin M. S., Snezhkina A. V., Sadritdinova A. F., Kishlyan N. V., Rozhmina T. A., Yurkevich O. Yu., Muravenko O. V., Bolsheva N. L., Melnikova N. V. Gene expression profiling of flax (*Linum usitatissimum* L.) under edaphic stress // BMC Plant Biology. 2016. Vol. 16. Suppl. 3. Art. No. 237. DOI: 10.1186/s12870-016-0927-9.
11. Рожмина Т. А., Александрова Т. А., Лошакова Н. И. Высокопродуктивные сорта льна-долгунца // В кн.: Усовершенствованные технологии в льноводстве. Научное издание. Тверь: Тверской госуниверситет, 2016. С. 8–9.
12. Понажев В. П., Медведева О. В. Особенности семеноводства современных сортов льна-долгунца при расширении зоны их возделывания // В кн.: Усовершенствованные технологии в льноводстве. Научное издание. Тверь: Тверской госуниверситет, 2016. С. 14–15.
13. Лоскутов И. Г., Блинова Е. В. Гаврилова О. П., Гагкаева Т. Ю. Разнообразие культурного овса по хозяйственно-ценным признакам и их связь с устойчивостью к фузариозу // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 20 (3). С. 286–294. DOI: 10.18699/VJ16.151.
14. Понажев В. П., Медведева О. В. Пути повышения эффективности первичного семеноводства льна-долгунца // Аграрный вестник Верхневолжья. 2018. № 3. С. 59–64.
15. Яньшина А. А., Павлова Л. Н., Рожмина Т. А., Строганова Г. А. Первичное семеноводство льна-долгунца. Методические указания. Тверь: Тверской госуниверситет, 2010. 59 с.
16. Понажев В. П., Павлова Л. Н., Рожмина Т. А. Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца: Методические указания. Тверь: Тверской госуниверситет, 2014. С. 92–94.
17. Карпунин Ф. М., Петрова Л. И., Комаров А. М. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом. Торжок, 1978. 72 с.
18. Яньшина А. А. Грунтовой сортовой контроль льна-долгунца. Методические указания. Торжок, 1999. 21 с.
19. Курчакова Л. Н. Эколого-генетические основы селекции льна на устойчивость к септориозу. Монография. Тверь: Тверской госуниверситет, 2015. 149 с.
20. Прасолова О. В., Кудрявцева Л. П. Методические аспекты оценки и отбора исходного материала льна на устойчивость к антракнозу // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы. Научное издание. Тверь: Тверской госуниверситет, 2018. С. 48–54.
21. Карпунин Б. Ф. Антракноз льна: селекция на устойчивость: монография. Lap Lambert Academic Publishing, 2016. 113 с.

22. Понажев В. П., Рожмина Т. А., Павлова Л. Н., Тихомирова В. Я. Агроэкологическое районирование льна // В кн.: Лен и конопля: зонально-адаптивные сорта и технологии производства. Тверь: Тверской госуниверситет, 2014. С. 88–103.

23. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 1985. 295 с.

## References

1. Rozhmina T. A. Scientific achievements are the most important resource for the revival of the flax industry in Russia // Scientific support for the production of spinning crops: state, problems, prospects. Scientific publication. Tver: Tver State University, 2018. P. 3–13.

2. Rozhmina T. A., Pavlova L. N., Ponazhev V. P., Zakharova L. M. Linen industry on the way to revival // Plant protection and quarantine. 2018. No. 1. P. 3–8.

3. Van Mansvelt J. D., Temirbekova S. K. General position of organic agriculture in western Europe: concept, practical aspects and global prospects // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural biology]. 2017. Vol. 53. No. 3. P. 478–486. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.478rus.

4. State register of breeding achievements approved for use (official publication). Vol. 1: Plant varieties. Moscow: FSBSI "Rosinformagrotech, 2020. 496 p.

5. Dmitriev A. A., Krasnov G. S., Rozhmina T. A., Kishlyan N. V., Zyablitsin A. V., Sadritdinova A. F., Snezhkina A. V., Fedorova M. S., Yurkevich O. Y., Muravenko O. V., Bolsheva N. L., Kudryavtseva A. V., Melnikova N. V. Glutathione S-transferases and UDP-glycosyltransferases are involved in response to aluminum stress in flax // Front. Plant. Sci. 2016. DOI: 10.3389/fpls.2016.01920.

6. Dmitriev A. A., Kudryavtseva A. V., Bolsheva N. L., Zyablitsin A. V., Rozhmina T. A., Kishlyan N. V., Krasnov G. S., Speranskaya A. S., Krinitsina A. A., Sadritdinova A. F., Snezhkina A. V., Fedorova M. S., Yurkevich O. Yu., Muravenko O. V., Belenikin M. S., Melnikova N. V. miR319, miR390, and miR393 are involved in aluminum response in flax (*Linum usitatissimum* L.) // BioMed Research International. 2017. Vol. 2017. Art. No. 4975146. DOI: 10.1155/2017/4975146.

7. Dmitriev A. A., Krasnov G. S., Rozhmina T. A., Novakovskiy R. O., Snezhkina A. V., Fedorova M. S., Yurkevich O. Yu., Muravenko O. V., Bolsheva N. L., Kudryavtseva A. V., Melnikova N. V. Differential gene expression in response to *Fusarium oxysporum* infection in resistant and susceptible genotypes of flax (*Linum usitatissimum* L.) // BMC Plant Biol. 2017. Vol. 17. Iss.S2. Art. No. 253. DOI: 10.1186/s12870-017-1192-2.

8. Caser M., Lovisolo C., Scariot V. The influence of water stress on growth ecophysiology and ornamental quality of potted *Primula vulgaris* 'Heidy' plants. New insights to increase water use efficiency in plant production // Plant Growth Regulation 2017. Vol. 83. P. 361–373. DOI: 10.1007/s10725-017-0301-4.

9. Figueiredo N., Carranca C., Trindade H., Pereira J., Goufo P., Coutinho J., Marques P., Maricato R., de Varennes A. Elevated carbon dioxide and temperature effects on rice yield leaf greenness, and phenological stages duration // Paddy and Water Environment. 2015. Vol. 13. P. 313–324. DOI: 10.1007/s10333-014-0447-x.

10. Dmitriev A. A., Kudryavtseva A. V., Krasnov G. S., Rozhmina T. A., Koroban N. V., Speranskaya A. S., Krinitsina A. A., Belenikin M. S., Snezhkina A. V., Sadritdinova A. F., Kishlyan N. V., Rozhmina T. A., Yurkevich O. Yu., Muravenko O. V., Bolsheva N. L., Melnikova N. V. Gene expression profiling of flax (*Linum usitatissimum* L.) under edaphic stress // BMC Plant Biology. 2016. Vol. 16. Suppl. 3. Art. No. 237. DOI: 10.1186/s12870-016-0927-9.

11. Rozhmina T. A., Aleksandrova T. A., Loshakova N. I. Highly productive varieties of fiber flax // In book: Improved technologies in flax growing. Scientific publication. Tver: Tver State University, 2016. P. 8–9.

12. Ponazhev V. P., Medvedeva O. V. Features of seed production of modern varieties of fiber flax with the expansion of their cultivation area // In book: Improved technologies in flax growing. Scientific publication. Tver: Tver State University, 2016. P. 14–15.

13. Loskutov I. G., Blinova E. V., Gavrilova O. P., Gagkaeva T. Yu. The valuable characteristics of oats genotypes and resistance to *Fusarium* disease // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. No. 20 (3). P. 286–294. DOI: 10.18699/VJ16.151.

14. Ponazhev V. P., Medvedeva O. V. Ways to improve the effectiveness of flax primary seed // Agrarian Bulletin of the Upper Volga region. 2018. No. 3. P. 59–64.

15. Yanyshina A. A., Pavlova L. N., Rozhmina T. A., Stroganova G. A. Primary seed production of fiber flax. Methodical instructions. Tver: Tver State University, 2010. 59 p.

16. Ponazhev V. P., Pavlova L. N., Rozhmina T. A. Breeding and primary seed production of fiber flax: Methodical guidelines. Tver: Tver State University, 2014. P. 92–94.

17. Karpunin F. M., Petrova L. I., Komarov A. M. Methodical instructions for carrying out field experiments with fiber flax. Torzhok, 1978. 72 p.

18. Yanyshina A. A. Soil varietal control of fiber flax. Methodical instructions. Torzhok, 1999. 21 p.

19. Kurchakova L. N. Ecological and genetic foundations of flax selection for resistance to septoria. Monograph. Tver: Tver State University, 2015. 149 p.



20. Prasolova O. V., Kudryavtseva L.P. Methodological aspects of the assessment and selection of the initial flax material for resistance to anthracnose // Scientific support for the production of spinning crops: state, problems and prospects. Scientific publication. Tver: Tver State University, 2018. P. 48–54.

21. Karpunin B. F. Flax anthracnose: breeding for resistance: monography. Lap Lambert Academic Publishing, 2016. 113 p.

22. Ponazhev V. P., Rozhmina T. A., Pavlova L. N., Tikhomirova V. Ya. Agroecological zoning of flax // In book: Flax and hemp: zonal adaptive varieties and production technologies. Tver: Tver State University, 2014. P. 88–103.

23. Dospikhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results) Moscow: Agropromizdat, 1985. 295 p.

UDC 633:521:631:521

Ponazhev V. P.

### CREATION OF *LINUM USITATISSIMUM* INITIAL MATERIAL WITH MARKER SIGN – YELLOW-COLORED SEEDS

**Summary.** *Creation of the initial material of fiber flax (*Linum usitatissimum* L.) with marker signs is a promising direction of breeding, which determines the efficiency of breeding varieties with improved properties. The purpose of the research was to create initial flax material for obtaining seeds with a marker sign (yellow color) and increased weight. The studies were carried out at the Federal Research Center for Bast Fiber Crops in 2015–2018. In our work, we used flax varieties ‘Smolich’, ‘Antey’, ‘C-108’, as well as forms obtained from these varieties. These varieties were used as control. Nurseries were laid under conditions of a leveled agricultural background. Seeds were sown in a square way (2.5×2.5 cm). The experiments were conducted according to the current methods, including phytopathological testing. Soil – sod-podzolic, medium loamy, cultivated. Selyaninov Hydrothermal Coefficient (HTC) in 2015 was 1.3; in 2016 – 2.2; in 2017 – 1.8; in 2018 – 1.3. During the flax plants selection, we obtained three forms with yellow-colored seeds. Yellow-seeded form No. 1 was valuable from the breeding point of view. It exceeded standard variety ‘Smolich’ in seed weight by 0.8 mg (16.0%), in seed yield – by 0.06 t/ha (9.8%). Form No. 1 belongs to the improved fiber flax line. Form No. 3 had a higher seed mass (5.6 mg) compared to standard variety ‘C-108’. In terms of seed yield and 1000-seed weight, this form exceeded the standard by 0.08 t/ha or 14.8% and 0.49 g or 10.6%, respectively. Form No. 3 is a breeding material for creating varieties of bilateral use. Form No. 2 had signs of the oil flax line. It exceeded standard variety ‘Antey’ in seed yield by 0.18 t/ha (40%); 1000-seed weight – by 0.53 g (11.2%). The created material has a breeding value. It was transferred to the bioresource collection of flax for its replenishment, to the bank of the characteristic collection and was additionally included in the breeding process.*

**Keywords:** *fiber flax (*Linum usitatissimum* L.), seeds colour, seeds weight, fiber, selection, sowing.*

Понажев Владимир Павлович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»; 172002, Российская Федерация, Тверская область, г. Торжок, ул. Луначарского, 35; e-mail: info.trk@fncl.ru.

Ponazhev Vladimir Pavlovich, Dr. Sc. (Agr.), senior researcher, chief researcher of the Laboratory of breeding technologies, Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center for Bast Fiber Crops”; 35, Lunacharsky str., Torzhok, Tver region, 172002, Russia; e-mail: info.trk@fncl.ru.

Дата поступления в редакцию – 12.04.2021.  
Дата принятия к печати – 25.06.2021.