

ОЦЕНКА ПОТОМСТВ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПО УСТОЙЧИВОСТИ К АНТРАКНОЗУ И ПОВЫШЕННОЙ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ НА ИСКУССТВЕННЫХ ПРОВОКАЦИОННЫХ ФОНАХ

В.С. Зотова, Н.В. Пролётова, Е.А. Трабурова

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

E-mail: v.erofeeva.sml@fncl.ru

Для цитирования: Зотова В.С., Пролётова Н.В., Трабурова Е.А. Оценка потомств растений-регенерантов льна-долгунца по устойчивости к антракнозу и повышенной кислотности почвы на искусственных провокационных фонах // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 3 (76). – С. 71–83. – DOI: 10.31677/2072-6724-2025-76-3-71-83.

Ключевые слова: лён, антракноз, кислотность, устойчивость, селекция, регенерант, инфекционно-провокационный питомник, селекционный питомник.

Реферат. Лен-долгунец – стратегическая культура с широким применением в различных отраслях экономики, включая производство красок и медицинской ваты. Однако болезни и повышенная кислотность почвы снижают урожайность льнопродукции. Исследования, проведенные в 2021–2024 гг. в ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», были направлены на оценку потомств растений-регенерантов льна-долгунца, полученных в результате клеточной селекции *in vitro*, по устойчивости к антракнозу и повышенной кислотности почвы на искусственных провокационных фонах. Выявлено, что на основе незрелых зародышей, на селективном фоне *in vitro* формировались растения с различной степенью устойчивости к антракнозу. Исследования позволили из восприимчивых к патогену генотипов льна создать новые формы – НО-65, НЭ-38, НЭ-36 и НЭ-16, которые проявляли в поколениях более высокую устойчивость к патогену, чем исходные формы. Эти линии в селекционных питомниках не уступали стандартному сорту Альфа по основным показателям продуктивности волокна, включая высоту растений и вес технической части. Анализ морфологических характеристик растений льна, выращенных в условиях среднекислого фона, продемонстрировал, что генотип НО-65 – потомство регенеранта R_3 , был самым продуктивным по количеству семян на одном растении и общей массе семян (43,9 семени и 6,64 г соответственно). У генотипа Л-2053-6-10 из R_1 – потомство регенеранта R_1 , была зафиксирована максимальная высота растений (99,6 см) и техническая длина стебля (93,4 см), а также самое большое количество коробочек на единицу растения (9,8 шт.). Этот генотип, при его устойчивости к антракнозу, может быть рекомендован для внедрения в производство с целью получения высоких урожаев волокна и семян. По показателю технической длины для производства волокна в условиях среднекислого почвенного фона может быть рекомендован генотип Феникс пф, а для производства семян – НО-65.

ASSESSMENT OF PROGENY OF FLAX FLAX REGENERANT PLANTS FOR RESISTANCE TO ANTHRACNOSE AND INCREASED SOIL ACIDITY ON ARTIFICIAL CULTIVATION BACKGROUNDS

V.S. Zotova, N.V. Proletova, E.A. Traburova

Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia

E-mail: v.erofeeva.sml@fncl.ru

Keywords: flax; anthracnose; acidity; stability; breeding; regenerant; infectious and provocative nursery; breeding nursery.

Abstract. Flax is a strategic crop with wide application in various sectors of the economy, including the production of paints and medical cotton wool. However, diseases and increased soil acidity reduce the yield of flax products. The research conducted in 2021–2024 at the Federal State Budgetary Institution “Federal Research Center for Bast Crops” was aimed at evaluating the progeny of flax seedling regenerants obtained as a result of *in vitro* cell breeding for resistance to anthracnose and increased soil acidity on artificial provocative soils. It was revealed that plants with varying degrees of resistance to anthracnosis were formed on the basis of immature embryos on a selective background *in vitro*. Studies have made it possible to create new forms of flax genotypes susceptible to the pathogen – NO-65, NE-38, NE-36 and NE-16, which showed higher resistance to the

pathogen in generations than the original forms. These lines in breeding nurseries were not inferior to the standard Alpha variety in terms of the main indicators of the productivity of the haul, including plant height and weight of the technical part. An analysis of the morphological characteristics of flax plants grown under medium-acidic conditions demonstrated that the NO-65 genotype, the progeny of the R_3 regenerate, was the most productive in terms of the number of seeds per plant and the total weight of seeds (43.9 seeds and 6.64 grams, respectively). The genotype has L-2053-6-10 nc R_1 is the progeny of the regenerant R_1 , the maximum height of plants (99.6 cm) and the technical length of the stem (93.4 cm) were recorded, as well as the largest number of boxes per plant unit (9.8 pcs.). This genotype, with its resistance to anthracnose, can be recommended for introduction into production in order to obtain high yields of fiber and seeds. In terms of technical length, the Phoenix pf genotype can be recommended for fiber production in conditions of a medium acidic soil background, and NO-65 for seed production.

Лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.) представляет собой значимую экономическую культуру, востребованную для производства волокна и масла. Качественные и количественные характеристики урожая льна-долгунца напрямую определяются множеством факторов, среди которых кислотность почвы и болезни занимают одно из ведущих мест [1–3].

В условиях повышенной кислотности почвы наблюдается снижение доступности ряда важных макро- и микроэлементов, таких как кальций, магний, фосфор и калий. Это приводит к дефициту питательных веществ, необходимых для нормального физиологического развития льна. Более того, увеличение уровня кислотности в почве способствует накоплению алюминия, который в высоких концентрациях становится токсичным для растительных организмов [4–6]. Это может приводить к угнетению корневой системы, что, в свою очередь, ухудшает водный и питательный обмен. Повышенная кислотность также сопряжена с увеличением риска возникновения различных корневых заболеваний, таких как фузариоз и антракноз, что дополнительно дестабилизирует физиологическое состояние растений и, соответственно, приводит к снижению урожайности [7, 8].

Предварительные исследования свидетельствуют о том, что повышение кислотности почвы может значительно снизить урожай льна-долгунца на величину от 20 до 50 % в зависимости от степени кислотного загрязнения. При этом лен, находящийся в кислых условиях, демонстрирует замедленный рост, уменьшение количества побегов и ухудшение качества волокна. Несмотря на относительную устойчивость к различным агрономическим условиям, лен-долгунец ограничен в способности к адаптации в кислых почвах [9, 10].

Антракноз в настоящее время является одной из наиболее распространенных патогенных болезней льна, причиняющих значительный ущерб урожаю. Возбудитель болезни может распростра-

няться как через семена, так и с помощью ветра, осадков и насекомых. Он активно развивается в условиях влажной и теплой погоды, поражая до 50 % посевных площадей [11, 12]. Пораженные антракнозом семена льна обладают низкой всхожестью, а растения развиваются слабо. При этом снижается как урожайность, так и качества волокна. В условиях полевого провокационного питомника возможно создание благоприятных условий для инфекции, что позволяет изучать не только патогенез заболевания, но и устойчивость различных сортов льна к антракнозу [13].

В этом контексте селекционные методы представляют собой эффективные инструменты для создания новых форм с измененными признаками и свойствами. Анализ провокационных фонов для отбора в процессе селекции на устойчивость к неблагоприятным факторам и заболеваниям является перспективным направлением для будущих исследований [14–16].

Цель данной работы – оценить устойчивость потомства растений–регенерантов льна-долгунца к антракнозу и повышенной кислотности почвы на искусственных провокационных фонах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в период с 2021 по 2024 г. на базе лаборатории селекционных технологий ОП Смоленского НИИСХ и ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК как в полевых, так и в вегетационных условиях согласно следующим методическим указаниям:

- «Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца» (2014 г.) [17];
- Методические указания по селекции льна-долгунца (1987, 2004 гг.) [18, 19].

Создание новых генотипов льна, обладающих устойчивостью к культуральному фильтрату возбудителя антракноза (*Colletotrichum lini* Manns et Bolley), осуществлялось с использованием мето-

дик, разработанных Н.В. Пролётовой, Л.П. Кудрявцевой и Е.Г. Виноградовой [20].

Для получения новых форм льна-долгунца, устойчивых к антракнозу, в качестве исходного материала использовали незрелые зародыши сортов и селекционных линий: Л 957-8-7, Л 1506-8-6, Л 2053-5-11, Л 2053-6-10, Эр 130-3, а также штаммы возбудителя антракноза: сильновирulentные 793 и 784, средневирulentный 780 и слабовирulentный 788.

В процессе создания инфекционно-провокационного питомника в полевых условиях для оценки устойчивости растений-регенерантов к возбудителю антракноза использовалась живая культура патогена, которая была выращена на овсяных зернах. Искусственная популяция патогена, согласно методическим рекомендациям, состояла из 45–50 % сильновирulentных штаммов и 50–55 % средневирulentных штаммов [21].

Согласно установленной методике культура штаммов вносилась в почву за две недели до посева семян льна, при этом предварительно был проведён комплекс мероприятий по подготовке почвы для посева, включающий вспашку, боронование, внесение минеральных удобрений и культивацию [22].

При создании форм льна-долгунца, обладающих устойчивостью к повышенной кислотности почвы, объектом исследования являлись семена селекционных линий льна: Л-2053-5-11, Л-2053-6-10, НО-65. Также были изучены регенеранты, полученные в 2022–2023 гг. на основе этих линий, а именно: НО-65 из R_3 (регенерант номер 3, созданный на основе незрелых зародышей из линии НО-65), Л 2053-5-11 из R_1 (регенерант номер 1, созданный на основе незрелых зародышей из линии Л 2053-5-11), Л 2053-5-11 из R_2 (регенерант номер 2, созданный на основе незрелых зародышей из линии Л 2053-5-11), Л 2053-5-11 из R_3 (регенерант номер 3, созданный на основе незрелых зародышей из линии Л 2053-5-11), Л 2053-6-10 из R_1 (регенерант номер 1, созданный на основе незрелых зародышей из линии Л 2053-6-10), Л 2053-6-10 из R_2 (регенерант номер 2, созданный на основе незрелых зародышей из линии Л 2053-6-10), Л 2053-6-10 из R_3 (регенерант номер 3, созданный на основе незрелых зародышей из линии Л 2053-6-10).

Кроме того, исследовались формы льна-долгунца, отобранные на кислом фоне из следующих сортов: Смолич, Импульс, Феникс, Лидер и С-108, обозначенные соответственно как Смолич пф, Импульс пф, Феникс пф, Лидер пф, С-108 пф.

Посев в селекционном питомнике выполнялся вручную, что обеспечивало точный контроль как за глубиной посева семян, так и за их равномерным распределением. Использовался рядовой способ посева, который оптимально подходит для льна-долгунца, поскольку он гарантирует необходимое расстояние между растениями для их полноценного роста и развития. Для этого применяли специальный маркер с междурядьями 10 см [23].

В каждом рядке высевали 200 семян сортов, полученных при проращивании на кислой среде, а также по 50–60 семян регенерантов, полученных *in vitro* в результате клеточной селекции.

Площадь каждой отдельной делянки составляла 1 м², а трехкратная повторность эксперимента обеспечила достоверность полученных результатов, что дало возможность делать более убедительные выводы. Общая площадь, задействованная в исследованиях, составляла 3 м², что способствовало проведению репрезентативных наблюдений и учетов.

Агрометеорологические условия вегетационного периода для льна-долгунца в 2021–2023 гг. представлены описательно, а в 2024 г. представлены в табл. 1. В расчетах использовались данные о метеорологических факторах, зафиксированные ближайшей метеостанцией в городе Рославль, Смоленская область.

В 2024 г. в течение всего вегетационного периода льна-долгунца наблюдались температуры, превышающие среднемноголетние значения на 0,3–2,1 °С. Анализ климатических условий показал, что распределение осадков было крайне неравномерным: в мае и августе выпало соответственно на 12,0 и 34,0 мм меньше нормы, в то время как в июне осадки превысили норму на 107,0 мм, а июль оказался в пределах среднемноголетнего значения.

Таким образом, вегетационный период 2024 г. характеризовался теплой и дождливой погодой, что благоприятно сказалось на развитии льна-долгунца. Гидротермический коэффициент в мае составил 1,5, что соответствует уровню осадков 61,0 мм. В то же время в июне при избытке влаги по сравнению со среднемноголетними показателями этот коэффициент достиг 3,5. Изобилие осадков и высокая температура в июне и июле способствовали развитию болезней на растениях льна. Тем не менее устойчивые сорта оказались способными сохранять устойчивость к патогенам даже в таких неблагоприятных метеорологических условиях.

Таблица 1

**Агрометеорологические условия вегетационного периода льна-долгунца в 2024 г.
Agrometeorological conditions of the growing season of flax in 2024**

Месяц	Сумма температур воздуха, °С	Норма среднемесячной температуры, °С	Фактическая температура воздуха, °С	Отклонение от нормы, °С	Норма суммы осадков, мм	Сумма осадков, мм	% от нормы осадков	Гидротермический коэф. увлажнения по Селянинову
Май	403,0	12,7	13,0	0,3	73,0	61,0	83,0	1,5
Июнь	545,7	16,1	18,2	2,1	82,0	189,0	231,0	3,5
Июль	623,4	18,2	20,1	1,9	88,0	88,0	100,0	1,4
Август	576,7	16,7	18,6	1,9	84,0	50,0	59,0	0,9

Для статистической обработки экспериментальных данных использовались методы, позволяющие определить ключевые показатели вариации результатов эксперимента: среднее значение, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации (вариабельность) [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии со схемой исследования регенеранты оценивались на устойчивость к антракнозу в инфекционно-провокационном питомнике. Погодные условия 2021 г. в течение вегетационного периода льна оказались оптимальными, что способствовало как развитию растений, так и выраженности проявления антракноза.

Анализ растений, выращенных на фоне инфекции, показал, что новые формы, полученные в процессе селекции *in vitro* из линий, восприимчивых к антракнозу, проявляли различную реакцию на патоген в условиях искусственного

инфекционно-провокационного фона. Результаты исследований показали, что регенеранты ряда генотипов были восприимчивы к антракнозу, как и исходные линии. Однако большинство из полученных регенерантов и их потомств характеризовались повышенной устойчивостью к болезни по сравнению с исходной формой и были отмечены как средневосприимчивые и устойчивые, с уровнем устойчивости более 50 % (табл. 2).

В течение первого года исследования наибольшую устойчивость к антракнозу на уровне 75 % проявили регенеранты НЭ-36, НЭ-17-5 и НЛ-103-1, полученные от линий Эр 130.3 и Л 957-8-7. Семь других регенерантов, среди которых НЛ-40-2, НЭ-15, НЭ-17-2, НЭ-38, НЭ-17 и НЭ-38-8, проявили среднюю восприимчивость к антракнозу, с уровнем устойчивости от 57 до 66,7 %. Формы льна, показавшие в полевых условиях устойчивость к патогену более 50 %, могут классифицироваться как средневосприимчивые, что делает их приемлемыми для использования в селекции в качестве источников устойчивости.

Таблица 2

**Характеристика регенерантов, полученных в результате селекции *in vitro*, по устойчивости к антракнозу
(искусственный инфекционно-провокационный фон)
Characteristics of regenerants obtained as a result of *in vitro* selection for resistance to anthracnose (artificial infectious provocation background)**

Линия	Устойчивость, % \pm Sp		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.
1	2	3	4
НЛ-40-2	60 \pm 1,7	63 \pm 1,1	58 \pm 2,1
НЭ-15	57 \pm 2,2	39 \pm 3,1	48 \pm 2,7
НЭ-17-5	75 \pm 2,1	24 \pm 2,4	55 \pm 2,4
НЭ-17-2	57 \pm 3,2	34 \pm 2,2	37 \pm 2,8
НО-85	44 \pm 4,4	51 \pm 2,7	48 \pm 3,1

1	2	3	4
НЭ-38	67±2,1	63±1,9	61±2,4
НО-65	45±2,8	55±1,3	55±2,1
НЭ-36	75±1,4	48±3,4	60±2,1
НЭ-8	27±1,3	29±2,6	16±1,9
НЭ-17	57±2,2	57±1,2	48±1,9
НЭ-38-8	63±4,1	60±2,7	67±3,1
НЛ-103-1	75±2,4	63±1,9	57±1,7
НЭ-15-2	12±2,1	19±1,2	15±1,6
НЭ-12	161,1	10±2,1	16±1,9
Леона, ст.	75±1,7	69±1,7	74±1,7
Пенджаб, ст.	28±1,7	19±1,7	32±1,7

Благоприятными погодными условиями для развития антракноза отличался 2022 г.: температура воздуха колебалась от +20 до +24° С, а количество осадков в период всходов льна и до стадии «ёлочка» было высоким. В результате в инфекционно-провокационном питомнике заболевание проявилось в высокой степени, даже у высокоустойчивого сорт-стандарта Леона уровень устойчивости уменьшился с 75 до 69,2 %. У большинства регенерантов в 2022 г. наблюдалось снижение устойчивости к патогену, у некоторых из них это уменьшение составило 20 % и более (например, НЭ-17-5, НЭ-17-2, НЭ-36). В то же время у регенерантов НЛ-40-2, НО-85, НО-65, НЭ-15-2, НП-16 и НП-8 устойчивость немного возросла (на 2–9 %), хотя по шкале устойчивости они все равно оставались в категории восприимчивых.

В 2023 г. условия вегетации были благоприятны для роста и развития льна, однако не способствовали развитию антракноза, поскольку влажность почвы за недостатком осадков была низкая. Дополнительный полив инфекционно-провокационного питомника помог снизить воздействие засушливых условий, что, в свою очередь, повлияло на проявление заболевания.

Показатели устойчивости к антракнозу у растений-регенерантов оставались на уровне 2021 г., однако ни один регенерант не достиг уровня устойчивости в 75 %. В сложившихся условиях устойчивость на уровне 57–62,5 % проявили следующие генотипы: НЭ-36, НЛ-103-1, НЭ-38, НЛ-40-2.

Таким образом, из-за климатических условий, повлиявших на проявление антракноза, устойчивость регенерантов к патогену в течение трех лет снижалась, но все же оставалась на высоком уровне. Уровень устойчивости регенерантов превышал уровень устойчивости исходных форм на 10–15 %.

В 2024 г. была проведена оценка по устойчивости к антракнозу 13 линий и потомств третьего поколения, полученных в результате скрещиваний устойчивых регенерантов и восприимчивых сортов Росинка и Ленок.

В условиях искусственного инфекционно-провокационного фона даже слабовирулентные штаммы возбудителя антракноза льна проявили высокую агрессивность. Исследования показали, что ни один из образцов льна не проявил высокой устойчивости к инфекции. Лишь четыре из тринадцати генотипов (F_3 НЭ-16-2 × Росинка, F_3 НО-65 × Ленок, F_3 НЭ-17 × Ленок, F_3 НЭ-36 × Ленок) проявили уровень устойчивости 50–58,8 %, что продемонстрировано в табл. 3. Это были растения потомства третьего поколения, полученного от скрещивания устойчивых к антракнозу регенерантов с восприимчивыми сортами льна-долгунца. Уровень устойчивости потомства превышал уровень устойчивости устойчивого родителя на 5–10 %. Остальные образцы оказались восприимчивыми к антракнозу, проявив уровень устойчивости в диапазоне от 36,9 до 48,8 %. Это были регенеранты как восприимчивых сортов (Феникс, Импульс, С-108, Лидер), так и устойчивых регенерантов (НО-65, Л-2053-6-10, Л-2053-5-11).

**Устойчивость к антракнозу потомств регенерантов льна
(искусственный инфекционно-провокационный фон) в 2024 г.
Resistance to anthracnose of flax regenerants progenies (artificial infectious provocative background) in 2024**

№ п/п	Образец	Устойчивость, %
1	НПо-6-5	38,8
2	НЛ-6-10 (2)	44,2
3	НЛ-5-11 (4)	51,8
4	НОо-1-2-1	40,0
5	НОо-6-3-2	42,4
6	НФ-2	41,8
7	НИ-2	48,3
8	НС-1-0-8	36,9
9	НЛд-3	48,8
10	F ₃ НЭ-16-2 × Росинка	58,8
11	F ₃ НО-65 × Ленок	56,4
12	F ₃ НЭ-17 × Ленок	51,4
13	F ₃ НЭ-36 × Ленок	50,0
Стандарты		
1	Леона	78,3
2	Пенджаб	32,1
3	Белинка	43,6

Анализ результатов позволил сделать предварительные выводы о том, что если незрелые зародыши линий, полученных из клеток в селективных условиях *in vitro*, помещать вновь на селективную среду и проводить отбор устойчивых клеток, то формируются устойчивые регенеранты, которые проявляют высокую устойчивость лишь *in vitro*. В полевых условиях инфекционно-провокационного фона устойчивость снижается.

Результаты исследований хозяйственно ценных признаков показали, что созданные *in vitro* линии в целом несколько уступают своим исходным формам по продуктивности, однако относительно сорта-стандарта Альфа некоторые характеристики линий оказались выше. Так, выявлено, что по массе технической части стебля ни один регенерант не превзошел исходные формы, в то время как относительно сорта-стандарта Альфа

регенеранты НЛ-40-2 и НЛ-40-1 продемонстрировали превосходство по этим показателям на 7,9 и 6,5 % соответственно (табл. 4). Что касается количества коробочек на одно растение, то все регенеранты за исключением НЛ-40-2 превзошли исходные формы на 5–20 %, и все они показали более высокие результаты, чем сорт-стандарт Альфа. В то же время при анализе показателей массы волокна с одного растения и содержания волокна все регенеранты немного уступали уровню исходных форм и сорту-стандарту Альфа. Наибольшие показатели продуктивности фиксировали у регенеранта НЭ-17, который на 11 % превзошел исходную форму Эр 130-3 по содержанию волокна, на 15,3 % – по количеству семян с одного растения, на 18,7 % – по количеству коробочек на растении.

**Характеристика регенерантов, полученных в результате селекции *in vitro*,
по основным хозяйственно ценным признакам в 2022 г.**
**Characteristics of regenerants obtained as a result of *in vitro* selection, according to the main economically
valuable traits in 2022**

Генотип	Масса тех. части стебля, мг \pm Sp	Кол-во коробочек на растении, шт. \pm Sp	Кол-во семян с одного растения, шт. \pm Sp	Масса волокна с одного растения, мг \pm Sp	Содержание волокна, % \pm Sp
НЛ-103-2	382 \pm 14,1	4 \pm 0,8	23 \pm 2,6	202 \pm 3,3	28 \pm 1,0
в % к и.ф.*	96,4	120,0	128,8	94,6	95,9
в % к ст.**	99,4	103,3	104,8	99,8	98,0
НЛ-40-2	277 \pm 12,3	2 \pm 0,7	11 \pm 2,2	179 \pm 4,0	27 \pm 1,2
в % к и.ф.	92,1	98,0	101,6	96,9	93,6
в % к ст.	107,9	105,0	104,2	97,1	99,5
НЛ-40-1	272 \pm 13,1	2 \pm 0,7	13 \pm 2,9	176 \pm 3,5	2 \pm 1,2
в % к и.ф.	97,9	105,0	104,2	97,1	99,5
в % к ст.	106,5	111,7	112,3	95,0	98,9
НЭ-38	286 \pm 4,3	3 \pm 0,9	19 \pm 6,5	173 \pm 2,9	26 \pm 0,7
в % к и.ф.	88,1	110,0	106,9	98,0	98,0
в % к ст.	89,5	106,7	104,6	98,3	99,0
НЭ-17	397 \pm 9,1	4 \pm 1,7	24 \pm 9,5	197 \pm 4,6	27 \pm ,7
в % к и.ф.	99,6	118,7	115,3	96,1	111,0
в % к ст.	99,1	105,3	106,3	99,3	97,6

Примечание. и.ф.* – исходная форма; ст.** – сорт-стандарт Альфа.

Новые генотипы льна, такие как НО-65, НЭ-38, НЭ-36 и НЭ-16, были созданы с помощью селекции *in vitro* и теперь являются частью коллекции генофонда как источники устойчивости к антракнозу. Исследования, выполненные в 2023 г., показали, что эти линии по ключевым показателям продуктивности волокна – высоте растений и массе технической части, не уступают сорту-стандарту Альфа. Выявлены превышения в диапазоне от 2 до 16,01 % по высоте растений и от 16,56 до 48,84 % по массе технической части. В дополнение к этому линия НЭ-38 показала аналогичные результаты по семенной продуктивности (количество коробочек и семян на одном растении), в то время как линия НО-65 превышала стандарт на 35,3 % (табл. 5).

Среди источников устойчивости к антракнозу, исследованных в условиях *in vitro*, особое

внимание привлекает линия НО-65. При уровне устойчивости к антракнозу в 55 % она значительно превосходит стандартный сорт Альфа по ряду показателей продуктивности. В частности, результаты показывают, что высота растений превышает стандарт на 16,0 %; вес технической части – на 48,8 %; масса волокна – на 40,8 %; количество коробочек на одном растении – на 28 %; число семян на одном растении – на 35,3 %.

Эти показатели делают линию льна-долгунца НО-65, полученную при отборе *in vitro*, более привлекательной для селекционных программ, открывая новые горизонты в борьбе с антракнозом и повышении продуктивности культуры.

В 2024 г. был заложен селекционный питомник льна-долгунца для оценки потомств растений-регенерантов на искусственном провокационном фоне на повышенную кислотность.

Таблица 5

Характеристика линий льна, полученных при селекции *in vitro* на устойчивость к антракнозу, по параметрам продуктивности в 2023 г.
 Characteristics of flax lines obtained through *in vitro* selection for resistance to anthracnose, according to productivity parameters in 2023

Генотип	Устойчи- вость к антракнозу, %	Высота растений, см	Вес техн. части растения, мг	Кол-во коробочек на одном растении, шт.	Кол-во семян на одном рас- тении, шт.	Масса волокна с одного рас- тения, мг	Содержание волокна, %
Альфа-ст.		57*	260	5	39	73	28
		2,46**	57,96	1,30	11,19	16,95	1,53
		4,30***	22,28	28,79	28,79	23,15	5,47
НО-65	55	66*	387	6	53	103	27
		5,21**	121,80	2,36	21,88	31,56	1,25
		7,86***	31,46	41,02	41,62	30,62	4,67
НЭ-38	60,9	59*	257	4	39	65	25
		5,39**	78,55	1,52	14,07	18,62	1,25
		9,14***	30,51	35,51	36,40	28,83	4,93
НЭ-36	59,8	58*	303	4	32	80	26
		4,75**	113,53	1,49	13,08	31,09	0,99
		8,16***	37,44	40,29	41,17	38,65	3,76
НЭ-16	53,9	59*	234	3	28	62	26
		3,63**	50,75	1,13	11,01	14,32	1,74
		6,16***	21,69	37,61	38,95	23,23	6,62

Примечание. * – среднее значение, ** – среднее квадратическое отклонение, *** – коэффициент вариации (вариабельность).

В течение вегетационного периода проводились замеры высоты растений льна-долгунца, отслеживая следующие фенологические фазы: «ёлочка», быстрый рост, полное цветение, зеле-

ная спелость, ранняя желтая спелость и полная спелость. Результаты исследований представлены в табл. 6.

Таблица 6

Высота растений льна-долгунца, см, в 2024 г. (среднее по повторностям)
 Height of flax plants, cm in 2024 (average by replicates)

Генотип	Фаза развития льна-долгунца					
	«Елочка» (06.06)*	Быстрый рост (13.06) *	Полное цветение (04.07) *	Зеленая спелость (19.07) *	Р.ж.** Спелость (30.07) *	Полная спелость (09.08) *
1	2	3	4	5	6	7
С-108 пф***	5,7	14,0	75,8	87,9	91,6	94,2
Импульс пф	5,8	13,4	81,3	88,3	90,8	93,7
Смолич пф	6,3	13,3	78,9	85,2	89,8	92,7
Феникс пф	5,8	13,5	74,3	87,1	92,0	94,3
Лидер пф	4,8	12,3	73,6	85,1	88,1	91,6
НО-65 нз R3	4,3	10,0	57,9	69,6	70,4	73,7

1	2	3	4	5	6	7
Л-2053-5-11 нз R ₁	4,0	12,5	65,8	90,5	97,8	101,4
Л-2053-5-11 нз R ₂	4,2	11,8	87,6	90,9	96,5	102,5
Л-2053-5-11 нз R ₃	4,8	13,8	55,8	95,6	96,1	97,4
Л-2053-6-10 нз R ₁	7,7	15,2	70,8	97,5	97,9	99,0
Л-2053-6-10 нз R ₂	8,6	13,6	60,7	87,9	88,8	90,2
Л-2053-6-10 нз R ₃	7,8	18,4	65,6	78,1	84,2	88,3
НСР _{0,5}	0,3	1,1	3,6	4,5	4,3	5,1

Примечание. * – даты проведения замеров; **р.ж. – ранняя желтая спелость; *** – сорта, семена которых получены на провокационном фоне.

Высота растений является важным наследственно устойчивым признаком, который в значительной степени определяет урожайность волокна [17]. В ходе проведенных исследований было установлено, что на среднекислом фоне, в зависимости от сортовых особенностей, рост растений льна-долгунца в различные фазы развития изменялся. Наивысшие показатели роста были зафиксированы у регенерантов, полученных от генотипа Л-2053-5-11 (R₁, R₂). В фазе «ёлочка» высота растений льна-долгунца колебалась от 4,0 до 8,6 см.

Затем наступал период интенсивного роста стебля в высоту. На среднекислом фоне, к фазе полного цветения, высота растений, сформированных из семян, полученных от растений с кислого фона, составила: у сорта С-108 пф – 91,6 см, Импульс пф – 90,8 см, Смолич пф – 89,8 см, Феникс пф – 92,0 см, Лидер пф – 88,1 см. У регенерантов, полученных на селективном фоне *in vitro*, высота была следующей: НО-65 нз R₃ – 70,4 см, Л-2053-5-11 нз R₃ – 95,6 см, Л-2053-6-10 нз R₃ – 65,6 см. К моменту уборки высота растений составила: у сорта С-108 пф – 94,2 см, Импульс пф – 93,7 см, Смолич пф – 92,7 см, Феникс пф – 94,3 см, Лидер пф – 91,6 см, НО-65 нз R₃ – 73,7 см, Л-2053-5-11 нз R₃ – 97,4 см, Л-2053-6-10 нз R₃ – 88,3 см.

В течение вегетации на среднекислом фоне наиболее интенсивный рост растений всех генотипов наблюдали от фазы «ёлочка» до фазы «быстрый рост». В течение семи суток высота растений увеличивалась на 32–63,2 % в зависимости от генотипа. В фазу быстрого роста до полного цветения высота растений льна за три недели увеличивалась на 18–20 %. В последующие фазы вегетации высота растений увеличивалась на 5–10 %. Таким образом, наиболее

высокорослым на среднекислом фоне к моменту уборки был регенерант 2-й линии Л-2053-5-11, наименьшая высота зафиксирована у регенеранта 3-й линии НО-65.

После уборки генотипы оценивались по следующим параметрам: высота растений, количество растений в снопе, техническая длина, количество коробочек и семян на растении, масса семян.

Анализ результатов оценки различных генотипов, выращиваемых в условиях среднекислого почвенного фона, позволил выделить наиболее продуктивные генотипы по хозяйственноценным признакам. Например, у генотипа Л-2053-6-10 нз R₁ отмечена наибольшая высота растений (99,6 см) и техническая длина, что существенно превышает среднее значение этих показателей (87,97 и 82,2 см соответственно). Напротив, генотип НО-65 нз R₃ оказался самым низким, с высотой всего 72,8 см и, соответственно, технической длиной 66,0 см.

Техническая длина стебля льна-долгунца представляет собой ключевой показатель продуктивности, так как от нее напрямую зависит объем получаемого волокна [10]. Анализ используемых в исследованиях форм льна-долгунца показал, что у генотипов, отобранных на кислом фоне, техническая длина стебля была на уровне: С-108 пф – 84,1 см, Импульс пф – 83,0 см, Смолич пф – 83,5 см, Феникс пф – 85,1 см и Лидер пф – 83,0 см. У растений-регенерантов наибольшая техническая длина отмечена у генотипа Л-2053-6-10: 93,4 см у регенеранта R₁. В то же время у регенерантов 2 и 3 этого генотипа также была достаточно высокая техническая длина: 83,1–83,9 см (табл. 7). Влажные и теплые условия вегетационного периода способствовали

формированию у растений значительной технической длины.

Компонентом формирования урожая семян льна-долгунца является как количество семенных коробочек на одном растении, так и количество семян в этих коробочках. В исследуемых формах количество коробочек варьировало от 3,9 шт. на одном растении у Л-2053-6-10 нз R_3 до 9,8 шт. на одном растении – у Л-2053-6-10 нз R_1 .

Растения формировали от 5 до 10 семян в одной коробочке. Количество семян на одном растении, полученном от разных генотипов, ко-

лебалось от 28,1 шт. у генотипа Л-2053-6-10 нз R_3 до 69,7 шт. у НО-65 R_3 . Среднее значение данного показателя составило 43,9 шт., у регенеранта НО-65 нз R_3 превышение по количеству семян составило 58,8 % от среднего показателя. Это можно объяснить специфичностью различных генотипов к способности формировать коробочки и семена. Возможно, одним из родителей у генотипа НО-65 была межеумочная форма, у которой была небольшая высота растения, но повышенное количество семян.

Таблица 7

Характеристика образцов льна-долгунца по продуктивности в 2024 г. (среднее по повторностям)
Characteristics of flax samples by productivity in 2024 (average by replicates)

Генотип	Кол-во растений в снопе, шт.	Высота растений, см	Техническая длина, см	Кол-во коробочек на растении, шт.	Кол-во семян с растения, шт.	Масса 1000 семян, г
С-108 пф	38,7	89,8	84,1	6,8	46,5	5,1
Импульс пф	39,3	89,0	83,0	4,6	33,9	3,8
Смолич пф	44,7	88,2	83,5	5,8	37,4	4,7
Феникс пф	44,0	91,1	85,1	5,6	31,2	4,9
Лидер пф	37,7	88,3	83,0	7,2	47,7	5,7
НО-65 нз R_3	35	72,8	66,0	8,8	69,7	6,64
Л-2053-5-11 нз R_1	23	86,5	82,4	7,0	48,6	3,92
Л-2053-5-11 нз R_2	28	83,85	77,05	6,3	48,5	5,15
Л-2053-5-11 нз R_3	34	89,2	82,4	6,5	33,0	3,61
Л-2053-6-10 нз R_1	28	99,6	93,4	9,8	67,4	6,02
Л-2053-6-10 нз R_2	77	89,45	83,9	4,8	36,0	5,7
Л-2053-6-10 нз R_3	88	87,8	83,1	3,9	28,1	4,13
Среднее		87,97	82,2	7,7	43,9	4,9
НСР _{0,5}		3,2	3,4	0,4	2,2	0,2

Что касается показателя «масса 1000 семян», то он закладывается на генетическом уровне и не подвержен влиянию климатических факторов [2]. Семена одних генотипов крупные и округлые, у других же – мелкие и приплюснутые. У исследуемых генотипов наибольшая масса семян была отмечена у НО-65 нз R_3 и составляла 6,64 г, что также значительно превышает средний показатель 4,9 г. Это подтверждает гипотезу наличия родителя-межеумка. Несколько ниже, но тоже достаточно высокий показатель массы 1000 семян отмечен у генотипов Л-2053-6-10 нз R_1 (6,02 г) и Л-2053-6-10 нз R_2 (5,7 г). В то же время у сорта Импульс пф показатель массы 1000 семян был наименьшим (3,8 г).

Таким образом, в результате исследований выявлено, что у генотипа Л-2053-6-10 нз R_1 при наибольшей высоте растений была наибольшая техническая длина, количество коробочек и семян на растении, а также достаточно высокая масса 1000 семян. Этот генотип при его устойчивости к антракнозу может быть рекомендован для внедрения в производство с целью получения высоких урожаев волокна и семян. По показателю технической длины для производства волокна в условиях среднекислого почвенного фона может быть рекомендован генотип Феникс пф, а для производства семян – НО-65 нз R_3 .

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Одной из значимых экономических культур, востребованных для производства волокна и масла, является лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.). Селекционные методы *in vitro* – эффективный инструмент для создания новых форм с измененными признаками и свойствами. В результате исследований выявлено, что если незрелые зародыши линий льна, полученных из клеток в селективных условиях *in vitro*, помещать вновь на селективную среду и проводить отбор устойчивых клеток, то формируются устойчивые регенеранты, которые проявляют высокую устойчивость лишь *in vitro*. В полевых условиях инфекционно-провокационного фона устойчивость полученных форм снижается. Вероятно, это связано с тем, что в сложившихся благоприятных для проявления заболевания погодных условиях штаммы полевой популяции были более агрессивны и многочисленны, нежели используемые в исследованиях.

Результаты исследований хозяйственно ценных признаков показали, что созданные *in vitro* линии в целом несколько уступают своим исходным формам по продуктивности, однако относительно сорта-стандарта Альфа некоторые характеристики линий оказались выше. В результате исследований выявлено, что у генотипа Л-2053-6-10 из R₁ при наибольшей высоте растений была наибольшая техническая длина, количество коробочек и семян на растении, а также достаточно высокая масса 1000 семян. Этот генотип при его устойчивости к антракнозу может быть рекомендован для внедрения в производство с целью получения высоких урожаев волокна и семян. По показателю технической длины для производства волокна в условиях среднекислого почвенного фона может быть рекомендован генотип Феникс пф, а для производства семян – НО-65 из R₃.

ВЫВОДЫ

1. В процессе проведенных исследований были обнаружены различия между штаммами.

2. Выявлено, что на основе незрелых зародышей, на селективном фоне *in vitro* формировались растения с различной степенью устойчивости к антракнозу. Исследования позволили из восприимчивых к патогену генотипов льна создать новые формы – НО-65, НЭ-38, НЭ-36 и НЭ-16, которые проявляли в поколениях более высокую устойчивость к патогену, чем исходные формы. Эти линии в селекционных питомниках не уступали сорту-стандарту Альфа по основным показателям продуктивности волокна, включая высоту растений и вес технической части.

3. Анализ морфологических характеристик растений льна, выращенных в условиях среднекислого фона, продемонстрировал, что генотип НО-65 – потомство регенеранта R₃, был самым продуктивным по количеству семян на одном растении и общей массе семян (43,9 шт. и 69,7 г соответственно). У генотипа Л-2053-6-10 из R₁ – потомство регенеранта R₁, была зафиксирована максимальная высота растений (99,6 см) и техническая длина стебля (93,4 см), а также самое большое количество коробочек на единицу растения (9,8 шт.).

4. Л-2053-6-10 из R₁ при его устойчивости к антракнозу может быть рекомендован для внедрения в производство с целью получения высоких урожаев волокна и семян. По показателю технической длины для производства волокна в условиях среднекислого почвенного фона может быть рекомендован генотип Феникс пф, а для производства семян – НО-65.

Финансирование. Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования ФГБНУ ФНЦ ЛК по теме № FGSS-2024-0004.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Straw, Seed Yield and Quality of Three Linum usitatissimum L. Cultivars in Relation to Nitrogen Fertilizer Rate and Plant Density* / E.-S.M. El Gedwy, G.Y.M. Hammam, S.A.H. Allam [et al.] // Asian J. Adv. Agric. Res. – 2020. – Vol. 14, N 4. – P. 8–29. – DOI: 10.9734/ajaar/2020/v14i430137.
2. *Stafecka I., Stramkale V., Grauda D.* The evaluation of disease resistance of flax genotype in relation to environmental factors // Zemdirbyste. – 2019. – Vol. 106, N 4. – P. 367–376. – DOI: 10.13080/z-a.2019.106.047.
3. *Кишляк Н.В., Мельникова Н.В., Рожмина Т.А.* Механизмы адаптации льна-долгунца к повышенной кислотности почвы (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181, № 4. – С. 205–212. – DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-205-212.
4. *Сорта льна-долгунца отечественной селекции в условиях Томской области* / Г.А. Попова, О.И. Полякова, Н.Б. Рогальская [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2024. – Т. 54, № 8. – С. 36–47. – DOI: 10.26898/0370-8799-2024-8-4.
5. *Гриб С.И., Богдан В.З.* Оптимизация методологии и результаты селекции льна-долгунца в Беларуси // Таврический вестник аграрной науки. – 2023. – № 1 (33). – С. 6–18. – DOI: 10.5281/zenodo.7896477.

6. Устойчивость образцов генофонда льна к эдафическому стрессу, вызванному пониженной кислотностью / Т.А. Рожмина, А.А. Жученко, Н.В. Мельникова [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – Т. 21, № 2. – С. 133–140. – DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.133-140.
7. Extent and Management of Acid Soils for Sustainable Crop Production System in the Tropical Agroecosystems: A Review / G. Agegnehu, T. Amede, T. Erkossa [et al.] // Acta Agriculturae Scandinavica. – 2021. – Vol. 71. – P. 852–869. – DOI: 10.1080/09064710.2021.1954239.
8. Кудрявцева Л.П., Пролетова Н.В. Фитопатологическое тестирование генотипов льна на устойчивость к антракнозу // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2024. – Т. 54, № 8. – С. 5–13. – DOI: 10.26898/0370-8799-2024-8-1.
9. Abeje G., Zewodu, A. Exploring Genetic Variability and Morpho-Agronomic Trait Associations Among Ethiopian Flax (*Linum usitatissimum* L.) Accessions for Enhanced Fiber and Seed Yield // Journal of Natural Fibers. – 2024. – Vol. 12, № 2. – P. 19–33. DOI: 10.11648/j.jnbse.20241202.11.
10. Mańkowska G., Mańkowski J. The Influence of Selected Habitat and Agronomic Factors on the Yield of Flax (*Linum usitatissimum* L.) // J. Nat. Fibers. – 2020. – Vol. 19, № 6. – P. 2327–2337. – DOI: 10.1080/15440478.2020.1810843.
11. Этапы создания нового сорта льна-долгунца с высокими прядильными свойствами / Е.Г. Герасимова, Л.Н. Павлова, Л.П. Кудрявцева [и др.] // Кормопроизводство. – 2023. – № 9. – С. 11–15. – DOI: 10.25685/KRM.2023.9.2023.010.
12. Прудников В.А., Степанова Н.В., Фесько Д.Ю. Влияние органического вещества дерново-подзолистой почвы на урожайность и качество льнопродукции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2024. – Т. 54, № 10 (311). – С. 141–148. – DOI: 10.26898/0370-8799-2024-10-14.
13. Кудрявцева Л.П. Грибная и бактериальная инфекции семян льна // Аграрная наука. – 2022. – № 5. – С. 82–86. – DOI: 10.32634/0869-8155-2022-359-5-82-86.
14. 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.
15. Сравнительная характеристика среднеспелых сортов льна-долгунца смоленской селекции / Е.А. Трабурова, А.М. Конова, А.Ю. Гаврилова [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 1 (192). – С. 28–34. – DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-28-34.
16. Лебединец В.Н., Волкова Г.В. Видовой состав болезней льна на территории Российской Федерации и стран ближнего зарубежья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 105. – С. 78–88. – DOI: 10.21515/1999-1703-105-78-88.
17. Понажеев В.П., Павлова Л.Н., Рожмина Т.А. Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца: метод. указ. – Тверь, 2014. – С. 92–94.
18. Методические указания по селекции льна-долгунца (для опытных учреждений, работающих со льном-долгунцом) / Под ред. А.Р. Рогаша, А.Н. Марченкова. – Торжок: ВНИИЛ, 1987. – 64 с.
19. Методические указания по селекции льна-долгунца. – М., 2004. – 44 с.
20. Патент № 2478282 Российской Федерации, RU 2478282 С2, 10.04.2013. Способ получения регенерантов льна-долгунца, устойчивых к антракнозу, методами *in vitro*: № 2011115728/10; заявл. 20.04.2011 / Н.В. Пролетова, Л.П. Кудрявцева, Е.Г. Виноградова. – ГНУ ВНИИЛ Россельхозакадемии. – 4 с.
21. Пролетова Н.В. Использование культуральных фильтратов в селекции льна *in vitro* на устойчивость к антракнозу // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1 (53). – С. 92–97. – DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-92-97.
22. Основные проблемы научного обеспечения льноводства / Р.А. Ростовцев, В.Г. Черников, И.В. Ущиповский [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – Т. 14, № 3. – С. 45–52. – DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-3-45-52.
23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для студ. высш. с.-х. учеб. завед. по агрон. спец. – М., 1985. – 350 с.

REFERENCES

1. El Gedwy E.-S.M., Hammam G.Y.M., Allam S.A.H. etc., Straw, Seed Yield and Quality of Three *Linum usitatissimum* L. Cultivars in Relation to Nitrogen Fertilizer Rate and Plant Density, *Asian J. Adv. Agric. Res.*, 2020, Vol. 14, No. 4, pp. 8–29, DOI: 10.9734/ajaar/2020/v14i430137.
2. Stafecka I., Stramkale V., Grauda D., The evaluation of disease resistance of flax genotype in relation to environmental factors, *Zemdir-byste*, 2019, Vol. 106, No. 4, pp. 367–376, DOI: 10.13080/z-a.2019.106.047.
3. Kishlian N.V., Melnikova N.V., Rozhmina T.A., *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii*, 2020, Vol. 181, No. 4, pp. 205–212, DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-205-212. (In Russ.)
4. Popova G.A., Polyakova O.I., Rogalskaya N.B. [et al.], *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2024, Vol. 54, No. 8, pp. 36–47, DOI: 10.26898/0370-8799-2024-8-4. (In Russ.)

5. Grib S.I., Bogdan V.Z., *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki*, 2023, No. 1 (33), pp. 6–18, DOI: 10.5281/zenodo.7896477. (In Russ.)
6. Rozhmina T.A., Zhuchenko A.A., Melnikova N.V. [et al.], *Agrarian Science Euro-Northeast*, 2020, Vol. 21, No. 2, pp. 133–140, DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.133-140. (In Russ.)
7. Agegnehu G., Amede T., Erkossa T. et al., Extent and Management of Acid Soils for Sustainable Crop Production System in the Tropical Agroecosystems: A Review, *Acta Agriculturae Scandinavica*, 2021, Vol. 71, pp. 852–869, DOI 10.1080/09064710.2021.1954239.
8. Kudryavtseva L.P., Proletova N.V., *Siberian Bulletin of Agricultural Science*, 2024, Vol. 54, No. 8, pp. 5–13, DOI: 10.26898/0370-8799-2024-8-1. (In Russ.)
9. Abeje G., Zewodu A., Exploring Genetic Variability and Morpho-Agronomic Trait Associations Among Ethiopian Flax (*Linum usitatissimum* L.) Accessions for Enhanced Fiber and Seed Yield, *Journal of Natural Fibers*, 2024, Vol. 12, No. 2, pp. 19–33, DOI: 10.11648/j.ijbse.20241202.11.
10. Mańkowska G., Mańkowski J., The Influence of Selected Habitat and Agronomic Factors on the Yield of Flax (*Linum usitatissimum* L.), *J. Nat. Fibers*, 2020, Vol. 19., No. 6, pp. 2327–2337, DOI: 10.1080/15440478.2020.1810843.
11. Gerasimova E.G., Pavlova L.N., Kudryavtseva L.P. [et al.], *Kormoproizvodstvo*, 2023, No. 9, pp. 11–15, DOI: 10.25685/KRM.2023.9.2023.010. (In Russ.)
12. Prudnikov V.A., Stepanova N.V., Fesko D.Yu., *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2024, Vol. 54, No. 10 (311), pp. 141–148, DOI: 10.26898/0370-8799-2024-10-14. (In Russ.)
13. Kudryavtseva L.P., *Agrarnaya nauka*, 2022, No. 5, pp. 82–86, DOI: 10.32634/0869-8155-2022-359-5-82-86. (In Russ.)
14. 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.)
15. Traburova E.A., Konova A.M., Gavrilova A.Yu. [et al.], *Agrarnyy vestnik Urala*, 2020, No. 1 (192), pp. 28–34, DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-28-34. (In Russ.)
16. Lebedinets V.N., Volkova G.V., *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023, No. 105, pp. 78–88, DOI: 10.21515/1999-1703-105-78-88. (In Russ.)
17. Ponazhev V.P., Pavlova L.N., Rozhmina T.A., *Selection and primary seed production of flax* (Selection and primary seed production of flax) Tver, 2014, pp. 92–94.
18. *Guidelines for selection of flax (for experimental institutions working with flax)* (Methodological guidelines for the selection of flax (for experimental institutions working with flax)), Ed. Rogasha A.R., Marchenkova A.N., Torzhok: VNIIL, 1987, 64 p.
19. *Guidelines for the selection of flax* (Methodological guidelines for the breeding of flax), Moscow, 2004, 44 p.
20. *Patent No. 2478282 of the Russian Federation*, RU 2478282 C2, 04/10/2013. Method of obtaining flax seed regenerants resistant to anthracnose by in vitro methods: No. 2011115728/10; application dated 04/20/2011, N.V. Proletova, L.P. Kudryavtseva, E.G. Vinogradova, GNU VNIIL of the Russian Agricultural Academy, 4 p. (In Russ.)
21. Proletova N.V., *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2021, No. 1 (53), pp. 92–97, DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-92-97. (In Russ.)
22. Rostovtsev R.A., Chernikov V.G., Oschapovsky I.V. [et al.], *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*, 2020, Vol. 14, No. 3, pp. 45–52, DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-3-45-52. (In Russ.)
23. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow, 1985, 350 p.

Информация об авторах:

В.С. Зотова, младший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», аспирант

Н.П. Пролётова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

Е.А. Трабурова, младший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

Contribution of the authors:

V.S. Zotova, Junior Researcher, Laboratory of Breeding Technologies, Federal Scientific Center of Bast Crops, Postgraduate Student

N.P. Proletova, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher, Laboratory of Breeding Technologies, Federal Scientific Center of Bast Crops

E.A. Traburova, Junior Researcher, Laboratory of Breeding Technologies, Federal Scientific Center of Bast Crops

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.