



## Фитопатологическое тестирование генотипов льна на устойчивость к антракнозу

✉ Кудрявцева Л.П., Пролетова Н.В.

Федеральный научный центр лубяных культур

Тверская область, г. Торжок, Россия

✉ e-mail: info@fncl.ru

Среди большого числа вредоносных и распространенных грибных болезней льна одной из доминирующих является антракноз. Высокоустойчивых сортов к этому патогену в производстве нет. Поиск и формирование коллекции разнообразного устойчивого материала льна составляет одну из задач современной селекции, что и явилось целью нашей работы. В Северо-Западном регионе Тверской области были проведены лабораторные и полевые исследования с использованием синтетической популяции возбудителя антракноза по определению устойчивости льна к патогену. Объектом исследований служили коллекционные образцы из «Национальной коллекции русского льна» ФНЦ ЛК, селекционные линии льна, полученные методом биотехнологии, и биообразцы возбудителя антракноза из «Коллекции микроорганизмов – возбудителей основных болезней льна». За годы исследований (2019–2023) «Коллекция микроорганизмов – возбудителей болезней льна» пополнилась 41 биообразцом возбудителя антракноза. Доминирующее положение заняли сильновирulentные штаммы – 55,6%, слабовирulentные биообразцы составили 18,4%. Скрининг 384 коллекционных образцов льна на инфекционном фоне выявил низкое содержание устойчивых образцов, только 36 образцов были относительно устойчивыми (50,0–68,0%), а 90,6% образцов коллекции оказались восприимчивыми. Выделено 7 генотипов, показавших относительную устойчивость к патогену на уровне 60,1–68,0%: Г-60-505-9, Д238/2/15/119-13, Д14/№3896хАР<sub>с</sub>, Л-2897-6-6, 0-15247-6-13, 0-15157-7-5, К-3774\*. Селекционные линии НП<sub>р</sub>-1-7 и НП<sub>р</sub>-2-3 льна-долгунца, полученные в результате использования биотехнологических методов, подтвердили свою устойчивость на инфекционном фоне в полевых условиях (61,1–75,0%). Высокоустойчивых образцов льна к антракнозу не выявлено. Использование 9 источников, характеризующихся устойчивостью на уровне 60,1–75,0%, в селекционной программе позволит повысить эффективность селекционной работы по созданию устойчивых к болезням сортов льна.

**Ключевые слова:** лен, возбудитель болезни, коллекционный образец, устойчивость, штамм

## Phytopathological testing of flax genotypes for anthracnose resistance

✉ Kudryavtseva L.P., Proletova N.V.

Federal Scientific Center for Bast Crops

Tver Region, Torzhok, Russia

✉ e-mail: info.fncl.ru

Among the large number of harmful and common fungal diseases of flax, anthracnose is one of the dominant ones. There are no highly resistant varieties to this pathogen in production. The search and formation of a collection of diverse sustainable flax material is one of the tasks of the modern selection, which was the purpose of our work. Laboratory and field studies using a synthetic population of anthracnose pathogen to determine flax resistance to the pathogen were conducted in the Northwest area of the Tver region. The object of research were collection samples from the

“National Collection of Russian flax” of the Federal Research Center for Bast Crops, flax selection lines obtained by biotechnology and the bio samples of the anthracnose pathogen from the “Collection of microorganisms - pathogens of major flax diseases”. Over the years of research (2019–2023), the “Collection of microorganisms - pathogens of flax diseases” has been replenished with 41 biological samples of the anthracnose pathogen. The dominant position was occupied by highly virulent strains – 55.6%, weakly virulent biological samples made up 18.4%. Screening of 384 collection flax samples against an infectious background revealed a low content of resistant samples, only 36 samples were relatively resistant (50.0–68.0%), and 90.6% of the collection samples were susceptible. 7 genotypes were identified, showing relative resistance to the pathogen at the level of 60.1–68.0%: G-60-505-9, D238/2/15/119-13, D14/No.3896hAR6, L-2897-6-6, 0-15247-6-13, 0-15157-7-5, K-3774\*. The breeding lines NP<sub>r</sub>-1-7 and NP<sub>r</sub>-2-3 of fiber flax, obtained as a result of using biotechnological methods, have confirmed their resistance against an infectious background, in the field (61.1–75.0%). No highly resistant flax samples to anthracnose have been identified. The use of 9 sources characterized by resistance at the level of 60.1–75.0% in the breeding program will increase the efficiency of breeding work to create disease-resistant flax varieties.

**Keywords:** flax, pathogen, collection sample, resistance, strain

**Для цитирования:** 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. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-8-1>

**For citation:** Kudryavtseva L.P., Proletova N.V. Phytopathological testing of flax genotypes for anthracnose resistance. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 8, pp. 5–13. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-8-1>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Благодарность

Работа выполнена при поддержке Министерства высшего образования и науки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2023-0001).

#### Acknowledgments

The work was supported by the Ministry of Higher Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Assignment of the FSBSI “Federal Scientific Center for Bast Crops” (theme No. FGSS-2023-0001).

## ВВЕДЕНИЕ

Лен культурный – одна из важнейших технических культур России и основной источник натурального сырья для многих отраслей народного хозяйства [1–3]. Одним из самых универсальных биологических воздействий, которым подвергаются льняные растения, являются патогенные микроорганизмы. На льне зафиксировано около 200 видов грибов, вирусов и бактерий, многие из них являются возбудителями болезней, причиняющими определенный ущерб культуре<sup>1</sup> [4, 5]. Глав-

ным условием для получения высоких и стабильных урожаев культуры является защита посевов от болезней. Среди большого числа грибных болезней льна одной из доминирующих является антракноз<sup>2</sup> [6].

Антракноз льна (*Colletotrichum lini* Manns et Bolley. *C. lini*) является в настоящее время распространенной и вредоносной болезнью в ареале культуры. Антракноз может проявляться во все фазы развития и роста льна. Основной вред он причиняет в фазу всходов с появлением на корешках

<sup>1</sup>Нехведович С.И. Патогенный комплекс грибов, паразитирующих на льне масличном // Сборник материалов Международной конференции молодых ученых. 2018.. Минск. Республиканское предприятие Издательский дом «Белорусская наука», 2018. С. 159–175.

<sup>2</sup>Кудрявцева Л.П., Пролетова Н.В., Лошакова Н.И., Павлова Л.Н., Виноградова Е.Г., Соколова Н.С. Методы оценки и отбора исходного материала при селекции льна-долгунца на устойчивость к антракнозу. Тверь, 2013. 51 с.

и стеблях растений желто-оранжевых пятен, язв или перетяжек, нередко приводящих к гибели молодых растений [7, 8]. Данный патоген не обладает широкой паразитической специализацией и не поражает предшествующие льну в севообороте культуры, но он может развиваться и спороносить на отмерших остатках многих видов растений (горох посевной, клевер красный, марь белая и др.), которые использует в качестве питательного субстрата, что подтверждает его принадлежность к полупаразитам. В годы эпифитотий потери урожая от антракноза могут достигать 15–30% [9, 10].

Во всем мире создание устойчивых сортов является важнейшим элементом в системе интегрированной защиты растений от болезней, в том числе и от антракноза. По результатам оценки районированных и перспективных к районированию сортов льна-долгунца в 2020–2023 гг. в условиях Тверской области не выявлено ни одного сорта, отличающегося высокой устойчивостью к патогену. В Госреестр селекционных достижений включены три сорта (Цезарь, Дипломат, Тонус) льна-долгунца селекции Института льна со средней устойчивостью к антракнозу<sup>3</sup> [11]. Основной причиной, сдерживающей селекцию на устойчивость к антракнозу, является отсутствие высокоустойчивых источников и доноров устойчивости [12].

Одним из направлений работы по поиску устойчивых генотипов к патогену – это использование мировой коллекции льна, находящейся во Всероссийском институте генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), которая поддерживает в жизнеспособном состоянии 2485 образцов льна-долгунца из 48 стран, и «Национальной коллекции русского льна» Научно-исследовательского института льна – обособленного подразделения Федерального научного центра лубяных культур (ОП НИИЛ ФНЦ ЛК), насчиты-

вающей более 2500 образцов льна-долгунца. В эти коллекции входят и местные, и краевые льны, собранные из различных районов России и льносеющих стран мира (Румыния, Голландия, Индия, США, Канада и др.), отечественные и зарубежные селекционные сорта, линии и доноры. По данным многих исследователей, генофонд льна-долгунца ВИР и ФНЦ ЛК не богат источниками и донорами устойчивости к антракнозу [12, 13].

Кроме традиционных методов селекции на устойчивость, методом гибридизации с последующим индивидуальным отбором в расщепляющихся популяциях, используют новые современные, например биотехнологические методы [14].

Для поиска и выведения высокоустойчивых сортов к болезням необходимы специальные селекционные программы, в которых ключевым вопросом являются методы создания искусственных инфекционных фондов, позволяющие оценить невосприимчивость испытываемого материала на всех этапах селекционного процесса.

Критерием устойчивости сортов сельскохозяйственных культур является изучение их пораженности в полевых условиях при искусственном заражении. Основное требование к искусственному инфекционному материалу – характеристика вирулентности штаммов, входящих в искусственную популяцию патогена<sup>4</sup>.

Для этих целей во Всероссийском научно-исследовательском институте льна (ВНИИЛ) за 1990–2023 гг. на базе рабочих коллекций (1981–1989 гг.) биообразцов возбудителей антракноза была создана и поддерживается в биологически чистом состоянии «Коллекция микроорганизмов – возбудителей болезней льна», куда входят и биообразцы возбудителя антракноза. Работа по содержанию коллекции и размножению биоматериала является важным элементом научного обеспечения селекционных, генетических и

<sup>3</sup>Пролетова Н.В., Кудрявцева Л.П. Изменение биохимического состава культурального фильтрата в процессе роста и развития гриба *Colletotrichum lini* // Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. 26–28 февраля 2019 г. Мытищи, 2019 г. С. 66–68.

<sup>4</sup>Лошакова Н.И., Крылова Т.В., Кудрявцева Л.П. Методические рекомендации по созданию, поддержанию, хранению и практическому использованию «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна». Торжок, 2006. С. 5–8.

биотехнологических программ по льну-долгунцу<sup>5</sup>.

Цель исследования – выявление устойчивых источников льна-долгунца с использование коллекционных образцов льна, селекционного материала, полученного биотехнологическими методами и биоматериала возбудителя из «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна», для создания новых сортов культуры.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые и лабораторные исследования выполнены в 2019–2023 гг. на опытном поле и в лаборатории селекционных технологий ФНК ЛК. Объектом исследований служили 384 коллекционных образца льна, 2 селекционные линии и 41 биообразец возбудителя антракноза из «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна».

Для создания искусственной популяции проводили сбор штаммов возбудителя путем отбора пораженных вегетирующих растений, зараженных семян льна. Образцы инфекционного материала анализировали методом микроскопирования и питательной среды по методике Института льна (см. сноску 4).

Исследование культурально-морфологических показателей и вирулентности составляет неотъемлемую часть поддержания коллекционных биообразцов «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна». Определение культурально-морфологических свойств изолятов возбудителя антракноза проводили на 14-е сутки культивирования. Фиксировали окраску колоний, темпы роста и развития мицелия, интенсивность спороношения, размер и форму конидий. По интенсивности спороношения изоляты условно разделяли на обильноспорулирующие (более 10 тыс. спор/мл), умеренноспорулирующие (6,0–10,0 тыс. спор/мл) и слабоспорулирующие (0–5,0 тыс. спор/мл).

Вирулентность штаммов возбудителя антракноза определяли на светоустановке, в ла-

бораторных условиях на двух контрастных по устойчивости сортах (восприимчивый – К-5789, Пенджаб и устойчивый – К-6297, Леона). К сильновирulentным относили штаммы, вызывающие поражение устойчивого стандарта (0–25%) и гибель восприимчивого (75–100%), к слабовирulentным – непоражающие устойчивый стандарт и вызывающие среднюю степень поражения (50,0%) на восприимчивых сортах (см. сноску 4).

Оценку 384 коллекционных образцов льна на устойчивость к антракнозу проводили на инфекционном фоне в полевых условиях, используя провокационные условия (широкорядный, разреженный, поздний посев) для лучшего развития инфекции<sup>6</sup> (см. сноску 5).

Для получения биоматериала патогена чистую культуру штаммов размножали на автоклавированных зернах овса в течение 3–4 нед. Во время посева в углубленные до 6–7 см рядки вносили 25–30-суточную чистую культуру возбудителя антракноза, представляющую собой синтетическую популяцию, состоящую на 50% из сильновирulentных и по 25% средне- и слабовирulentных штаммов возбудителя (7–8 г на один погонный метр). Учет развития антракноза проводили в стадии 4–6 настоящих листочков во время массового развития болезни по 5-балльной шкале. Для выделения образцов, обладающих устойчивостью к болезни, независимо от variability условий среды по годам, использовали результаты классификаций коллекционного материала за ряд лет. Образцы изучали в течение 2–3 лет. Образцы, поражающиеся в сильной степени, изучали в течение года, среднеустойчивые – в течение 2–3 лет, устойчивые оценивали ежегодно. По результатам оценки образцы дифференцировали на: высокоустойчивые (степень развития болезни 0–20%), устойчивые (степень развития болезни 21–30%), среднеустойчивые (31,0–50,0%), восприимчивые (51,0–75,0%) и сильновосприимчивые (свыше 75,0%).

<sup>5</sup>Лошакова Н.И., Крылова Т.В., Кудрявцева Л.П. Методические указания по фитопатологической оценке устойчивости льна-долгунца к болезням. М., 2000. С. 22–26.

<sup>6</sup>Методические указания по фитопатологической оценке устойчивости льна-долгунца к болезням. М.: Издательство РАСХН. 2006. С. 23–29.



Исследования в полевых условиях проводили на среднесуглинистой слабокислой почве со средним содержанием калия 98,6–93,8 мг/кг и высоким содержанием фосфора в почве (268–279 мг/кг). Предшественником для льна служили зерновые культуры. Размер учетной делянки в питомнике – 0,5 пог. м. Норма высева – 25 шт. семян на делянку, повторность опыта трехкратная.

Погодные условия в годы исследований различались как по среднесуточной температуре воздуха, так и по количеству осадков. Метеоусловия вегетационных периодов из расчета гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова, 2019 г. (ГТК–1,8) и 2020 г. (ГТК–2,2) можно охарактеризовать как влажные, 2021 г. (ГТК–1,1) и 2023 г. (ГТК–1,1) как слабо засушливые, 2022 г. (ГТК–0,87) демонстрировал выраженную засушливость<sup>7</sup>.

Математическую обработку данных выполняли методом дисперсионного анализа с использованием пакетов программ «Биостат» и Microsoft Office Excel<sup>8</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для получения объективных данных об устойчивости коллекционных образцов, сортов и селекционного материала к возбудителю антракноза, с одной стороны, искусственный инфекционный фон должен состоять из биообразцов, имеющих достаточно высокий уровень вирулентности. С другой стороны, с точки зрения получения биоматериала для иммунологических исследований, предпочтение отдают наиболее спорулирующим на питательной среде. Идеальными в этом плане являются высокоспорующие, быстрорастущие изоляты с высоким уровнем вирулентности. Для создания инфекционного фона на антракноз использовали биообразцы из «Коллекции микроорганизмов – возбудителей основных болезней льна». Коллекция штаммов возбудителя антракноза льна – единственная в стране (ОП НИИЛ ФНЦ ЛК), ее пополнение и поддержание

в жизнеспособном состоянии, а также создание искусственной популяции патогена для селекционных целей представляют элементы новизны данной работы. В настоящее время коллекция биообразцов возбудителя антракноза насчитывает 616 ед. хранения.

В результате исследований, проведенных в 2019–2023 гг., собрано 266 образцов семян и растений, пораженных антракнозом. Из них выделено 68 изолятов, для 41 изолята была дана характеристика по культурально-морфологическим признакам и вирулентности. Штаммы различались между собой по свойствам и вирулентности. По окраске колоний в основном доминировали серые штаммы. С обильным спороношением и быстрым ростом было 60,6% штаммов; умеренноспорулирующие образцы патогена составили 25,0%. Параметры спор находились в пределах: длина – 14,8–20,1 мк; ширина – 1,7–2,5 мк. Большинство штаммов патогена в наших исследованиях оказались сильновирulentными для восприимчивого к антракнозу сорта льна Пенджаб. Штаммы № 836, 840, 831, 827-1, 834 и другие были сильновирulentны и для относительно устойчивого к болезни образца льна Леона (США). За весь период работы (2019–2023 гг.) 55,6% образцов чистой культуры антракноза составили сильновирulentные штаммы, 18,4% были слабовирulentны. Среди сильновирulentных штаммов в основном преобладали обильноспорулирующие, они составили 74,1%.

Таким образом, ежегодно для создания инфекционно-провокационного фона на антракноз имелись штаммы с различной вирулентностью и культурально-морфологическими признаками. Пораженность антракнозом восприимчивых сортов (Пенджаб, Славный 82 и др.) при заражении этими штаммами составила 65,0–85,0% и более.

В результате проведенных исследований 2019–2023 гг. из местной популяции (Тверская область) выделены, размножены, включены в «Коллекцию микроорганизмов – воз-

<sup>7</sup>Архив погоды. Тверь. URL.: <https://tver.nuipogoda.ru/%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0-2021>.

<sup>8</sup>Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию. 2012. 352 с.

будителей болезней льна» и заложены на хранение 41 штамм возбудителя антракноза. Таким образом, для работы по определению устойчивости генотипов к антракнозу имелись штаммы различной вирулентности, что позволило качественно оценить коллекционный материал льна.

Известно, что для развития искусственной популяции антракноза в полевом питомнике необходим комплекс условий: наличие качественного и в достаточном количестве инфекционного материала и благоприятных для развития патогена метеорологических условий. Решающее значение для развития инфекционного процесса и массового распространения патогена имеют погодные условия, складывающиеся в течение 8–12 сут после посева. Интенсивность развития антракноза в полевом инфекционно-провокационном питомнике была неодинакова в разные годы. Оптимальными условиями в этот период считается температура воздуха 19–22 °С, влажность воздуха выше 70–75%. Такие условия складывались в 2019–2022 гг., но особенно метеорологические условия были благоприятны в 2020, 2022 гг., когда в I декаде июня стояла теплая с осадками погода. Среднедекадная температура воздуха в этот период составила 22–24 °С. Осадков выпало 92–139% нормы. Относительная влажность воздуха 72–80%, весь этот комплекс погодных условий, а также качественная инфекция способствовали эпифитотийному развитию болезни в инфекционно-провокационном питомнике. Восприимчивый стандарт Пенджаб поражался на 75–84,9%. Менее благоприятным был 2023 г. В фазу всходов льна стояла прохладная с незначительными осадками погода. Среднедекадная температура воздуха в течение недели после посева составляла 12 °С, что на 2,9 °С ниже нормы. Осадков выпало 20% от нормы, относительная влажность воздуха составила 65%, что сдерживало сильное развитие патогена. Восприимчивые тест-сорты поражались в пределах 50,0–60,0%.

В ходе проведения исследований в полевых условиях на всходах льна и особенно в период появления 4–6 настоящих листочков отмечали характерные признаки поражения

антракнозом. Наблюдение за ходом развития инфекции, оценка и анализ исходного материала на устойчивость к антракнозу льна свидетельствуют об очень низком содержании в генофонде надежных источников устойчивости к этому заболеванию. Из общего объема исследуемого материала к антракнозу, 36 образцов были относительно устойчивыми (устойчивость 50,0–68,0%) и 348 восприимчивыми. Среднеустойчивых образцов льна-долгунца от 50,0 до 57,9% оказалось 29 генотипов. Структура устойчивости коллекционных образцов льна к антракнозу представлена в табл. 1. Уровень устойчивости образцов, превышающий 60%-й барьер, в среднем по годам составил 2,0%. В 2019 г. не выявлено ни одного образца с устойчивостью свыше 60,0% (см. табл. 1).

Иммунологический анализ коллекции льна позволил выявить 7 генотипов с уровнем устойчивости 60,1–68,0%, представляющих интерес для использования в качестве исходного материала для селекции на устойчивость к болезням: Г-60-505-9, Д238/2/15/119-13, Д14/№3896хАР<sub>6</sub>, Л-2897-6-6, 0-15247-6-13, 0-15157-7-5, К-3774\*, что демонстрирует табл. 2. Генотипов, характеризующих высокую устойчивость (свыше 75,0%), из коллекции ОП НИИЛ ФНЦ ЛК на современном этапе не обнаружено (см. табл. 1, 2).

Новый этап в развитии фитоиммунологии и практической селекции начался с развитием методов биотехнологии, что дает возмож-

**Табл. 1.** Структура устойчивости коллекционных образцов льна к антракнозу (полевой инфекционно-провокационный питомник, 2019–2023 гг.)

**Table 1.** Structure of resistance of flax collection samples to anthracnose (field infectious and provocative nursery, 2019–2023)

| Год исследований | Число образцов |                                 |
|------------------|----------------|---------------------------------|
|                  | Всего изучено  | Из них устойчивых (свыше 60,0%) |
| 2019             | 69             | 0                               |
| 2020             | 92             | 3                               |
| 2021             | 92             | 2                               |
| 2022             | 98             | 1                               |
| 2023             | 33             | 1                               |

**Табл. 2.** Источники устойчивости льна к антракнозу (средние данные за 2019–2023 гг.)  
**Table 2.** Sources of flax resistance to anthracnose (average data for 2019–2023)

| Коллекционный образец           | Устойчивость, % |
|---------------------------------|-----------------|
| Г-60-505-9                      | 62,5            |
| Д238/2/15/119-13                | 65,3            |
| Д14/№3896хАР <sub>5</sub>       | 61,7            |
| Л-2897-6-6                      | 64,8            |
| 0-15247-6-13                    | 65,0            |
| 0-15157-7-5                     | 68,0            |
| К-3774*                         | 60,1            |
| JVM-6                           | 57,9            |
| НП <sub>р</sub> -1-7            | 61,1            |
| НП <sub>р</sub> -2-3            | 75,0            |
| К-3529*                         | 51,0            |
| Б-96                            | 50,0            |
| Л-2685-6-7                      | 50,0            |
| АЕТ 153/07051-0-536             | 50,0            |
| 8515-88                         | 55,9            |
| Б-100                           | 50,0            |
| К-7214                          | 56,6            |
| К-7443                          | 56,3            |
| НСР <sub>05</sub>               | 26,2            |
| Пенджаб, восприимчивый стандарт | 28,9            |

ность получать линии, устойчивые к антракнозу, методами *in vitro*. Так, оценка в полевом инфекционно-провокационном питомнике на антракноз 2 селекционных линий: НП<sub>р</sub>-1-7 и НП<sub>р</sub>-2-3, полученных в результате исследований с использованием разработанных селективных систем «лен – культуральный фильтрат *Colletotrichum lini*», подтвердили свою устойчивость на уровне 61,1–75,0% (см. табл. 2).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований в условиях Тверской области 384 коллекционных образцов и 2 селекционных линий льна-долгунца на инфекционном фоне в полевых условиях по устойчивости к антракнозу в сравне-

нии с показателями устойчивости тест-сортов, выявлено 36 генотипов, показавших устойчивость на 50,0–75,0%. Наиболее ценным исходным материалом для селекционных программ являются 7 коллекционных образцов (Г-60-505-9, Д238/2/15/119-13, Д14/№3896хАР<sub>6</sub>, Л-2897-6-6, 0-15247-6-13, 0-15157-7-5, К-3774\*) и 2 селекционные линии: НП<sub>р</sub>-1-7 и НП<sub>р</sub>-2-3, показавшие более высокий уровень устойчивости (60,1–75,0%).

Выявление устойчивых генотипов к наиболее распространенным болезням имеет стратегическое значение в условиях современного льноводства. Площади возделывания культуры значительно сократились за последние 15–20 лет, поэтому актуален вопрос о возделывании наиболее урожайных и устойчивых к грибным болезням сортов. Создание новых устойчивых сортов снизит потенциал инфекции в природе и сократит защитные химические мероприятия в посевах льна.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трабунова Е.А., Рожмина Т.А., Андреева И.А. Скрининг образцов генофонда льна по урожайности волокна и их адаптивности к условиям Центрального Нечерноземья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21 (6). С. 688–696.
2. Новиков Э.В., Басова Н.В., Безбабченко А.В. Лубяные культуры в России и за рубежом: состояние, проблемы и перспективы их переработки // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 1 (1). С. 30–40.
3. 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 Новосибирского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (56). С. 55–65. DOI:10.31677/2072-6724-2020-563-55-65.
4. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Курбанова З.К. Обеспечение чистоты и здоровья посевов льна при обработке новыми пестицидами // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (59).

- С. 43–52
5. Королев К.П., Боме Н.А. Фитопатологический тестинг *Linum usitatissimum* L. в условиях Северного Зауралья // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 8 (122). С. 1785–1809. DOI: 10.23670/IRJ.2022.122.8.
  6. Stafecka I., Grauda D., Stramkale S. The evaluation of disease resistance of flax genotypes in relation to environmental factors // *Zemdirbyste-Agriculture*. 2019. N 106 (4). P. 367–375. DOI: 10.13080/z-a.2019.106.047.
  7. Chend I., Tang Xiaoyu, Gao Chunshed, Lu Lhimin, Chen Jia, Guo Litaio, Wang Tuhong Xu Jianping. Molecular diagnostics and pathogenesis of Fungal Pathogens on Bast Fiber Crops // *Patagens*. 2020. N 9 (3). P. 223–242. DOI: 10.3390/patagens9030223.
  8. Novakovskiy R.O., Dvorianinova T.A., Rozhmina E.N., Pushkova L.V., Povkhova A.V., Snezhkina G.S., Krasnov A.V., Kudryavtseva N.V., Melnikova A.A., Dmitriev A.A., Gryzunov E.M. Data on genetic polymorphism of flax *Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of Fusarium, Colletotrichum, Aureobasidium, Septoria and Melampsora genera // *Data in Brief*. 2020. N 31. P. 105710. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105710.
  9. Степин А.Д., Рысев М.Н., Рысева Т.А., Луцицкая Т.Д. Оценка коллекционных образцов льна-долгунца по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Северо-Запада Российской Федерации // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022. Т. 23. № 1. С. 54–68.
  10. Жученко А.А., Рожмина Т.А. Генетические ресурсы и селекция растений – главные механизмы адаптации в сельском хозяйстве // *Вестник аграрной науки*. 2019. № 6 (81). С. 3–8.
  11. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Курбанова З.К. Ресурсы улучшения фитосанитарного состояния посевов льна // *Защита и карантин растений*. 2020. № 8. С. 22–26.
  12. Кутузова С.Н., Пороховинова Е.А., Брач Н.Б., Павлов А.В. Мировой генофонд льна-долгунца ВИР и селекция устойчивых к ржавчине сортов // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. № 181 (2). С. 57–64. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-57-64.
  13. Косых Л.А. Лен масличный – культура пищевого использования (обзор) // *Аграрная наука*. 2021. № 10. С. 56–59. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-353-10-56-59.
  14. Пролётова Н.В. Использование биотехнологических методов для создания новых генотипов льна, устойчивых к антракнозу // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33, № 8. С. 24–28.
- ## REFERENCES
1. Traburova E.A., Rozhmina T.A., Andreeva I.A. Screening of flax gene pool samples by fiber yield and their adaptability to the conditions of the Central Non-Black Earth Region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2020, no. 21 (6), pp. 688–696. (In Russian).
  2. Novikov E.V., Basova N.V., Bezbabchenko A.V. Bast crops in Russia and abroad: the state, problems and prospects of their processing. *Tekhnicheskie kul'tury. Nauchnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = Technical Crops. Scientific Agricultural Journal*, 2021, no. 1 (1), pp. 30–40. (In Russian).
  3. Kudryashova T.A., Vinogradova T.A., Kozyakova N.N. Competitiveness of domestic varieties of fiber flax in terms of yield and quality of long fiber when processing flax under modern production conditions. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2020, no. 3 (56), pp. 55–65. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2020-563-55-65.
  4. Kudryavtsev N.A., Zaitseva L.A., Kurbanova Z.K. Ensuring cleanliness and health of flax crops when treated with new pesticides. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2021, no. 2 (59), pp. 43–52. (In Russian).
  5. Korolev K.P., Bohme N.A. Phytopathological testing of *Linum usitatissimum* L. in the Northern Trans-Urals. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal = International Research Journal*, 2022, no. 8 (122), pp. 1785–1809. (In Russian). DOI: 10.23670/IRJ.2022.122.8.
  6. Stafecka I., Grauda D., Stramkale S. The evaluation of disease resistance of flax genotypes in relation to environmental factors. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2019, no. 106 (4), pp. 367–375. DOI: 10.13080/z-a.2019.106.047.
  7. Chend I., Tang Xiaoyu, Gao Chunshed, Lu



- Lhemin, Chen Jia, Guo Litao, Wang Tuhong Xu Jianping. Molecular diagnostics and pathogenesis of Fungal Pathogens on Bast Fiber Crops. *Patagens*, 2020, no. 9 (3), pp. 223–242. DOI: 10.3390/patagens9030223.
8. Novakovskiy R.O., Dvorianinova T.A., Rozhmina E.N., Pushkova L.V., Povkhova A.V., Snezhkina G.S., Krasnov A.V., Kudryavtseva N.V., Melnikova A.A., Dmitriev A.A., Gryzunov E.M. Data on genetic polymorphism of flaxlinum usitatissimum L.) pathogenic fungi of Fusarium, Colletotrichum, Aureobasidium, Septoria and Melampsora genera. *Data in Brief*, 2020, no. 31, p. 105710. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105710.
9. Stepin A.D., Rysev M.N., Ryseva T.A., Lisitskaya T.D. Evaluation of collection accessions of fiber flax according to flax fiber yield and adaptability parameters in the conditions of North-West of the Russian Federation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2022, vol. 23, no. 1, pp. 54–68. (In Russian).
10. Zhuchenko A.A., Rozhmina T.A. Genetic resources and plant breeding as the main mechanisms of adaptation in agriculture. *Vestnik agrarnoi nauki = Bulletin of Agrarian Science*, 2019, no. 6 (81), pp. 3–8. (In Russian).
11. Kudryavtsev N.A., Zaitseva L.A., Kurbanova Z.K. Resources for improving the phytosanitary state of flax crops. *Zashchita i karantin rastenii = Plant protection and quarantine*, 2020, no. 8, pp. 22–26. (In Russian).
12. Kutuzova S.N., Porokhovina E.A., Brach N.B., Pavlov A.V. Worldwide gene pool of fiber flax at VIR, and breeding of rust-resistant varieties. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii = Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 2020, no. 181 (2), pp. 57–64. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-57-64
13. Kosykh L.A. Oil flax – food culture (review). *Agrarnaya nauka = Agrarian science*, 2021, no.10, pp. 56–59. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2021-353-10-56-59.
14. Proletova N.V. Use of biotechnological methods for the development of new flax genotypes resistant to anthracnose. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 8. pp. 24–28. (In Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Кудрявцева Л.П., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 172002, Тверская обл., г. Торжок, ул. Луначарского, 35; e-mail: info@fncl.ru

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

## AUTHOR INFORMATION

✉ Lyudmila P. Kudryavtseva, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 35, Lunacharskogo St., Torzhok, Tver Region, 172002, Russia; e-mail: info@fncl.ru

Natalia V. Proletova, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 09.04.2024  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 28.06.2024  
Дата публикации / Published 20.09.2024