

Л.П. Кудрявцева, ✉  
Т.А. Рожмина

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ info.trk@fncl.ru

Поступила в редакцию:

01.12.2022

Одобрена после рецензирования:

30.03.2023

Принята к публикации:

18.04.2023

Ludmila P. Kudryavtseva, ✉  
Tatyana A. RozhminaFederal Research Center for Bast Crops,  
Tver, Russia

✉ info.trk@fncl.ru

Received by the editorial office:

01.12.2022

Accepted in revised:

30.03.2023

Accepted for publication:

18.04.2023

# Генотипы льна с горизонтальной устойчивостью к пасмо (септориозу) для целей селекции

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Пасмо льна в настоящее время относится к наиболее распространенным болезням в льносеющих регионах Российской Федерации. В годы эпифитотий потери от болезни могут возрастать до 25–30%. Целенаправленная селекционная работа на устойчивость к пасмо сдерживается в первую очередь отсутствием высокоустойчивых к болезни исходных форм льна-долгунца.

**Методы.** Суммарной оценкой вредоносности болезни служил критерий «площадь под кривой развития болезни», рассчитывали индекс устойчивости каждого образца.

**Результаты.** В условиях Тверской обл. (2019–2021 гг.) в инфекционном питомнике на искусственно провокационном фоне к пасмо в полевых условиях в динамике определена устойчивость коллекционного и селекционного материала льна-долгунца. В годы исследований был проанализирован 731 генотип льна, подсчитан уровень горизонтальной устойчивости каждого образца. В процессе изучения выделен 61 генотип с различным уровнем защиты, характеризующийся замедленным типом развития пасмо. Индекс устойчивости составил 0,26–1,8 у. е. Наибольшую селекционную и иммунологическую ценность представляют 29 генотипов (Л-2815-7-1, Л-2808-8-5, Л-2633-8-1, 0-15157-6-4, 0-15157-6-14, 0-15157-6-4, 0-13606-8-7, Л-2815-7-1, Л-3003-6-4, r-311-538-9, r-61-523-9, Л-2947-6-3 и др.) ввиду высокого индекса устойчивости. Выделенные образцы с горизонтальным типом устойчивости необходимо использовать для селекционных программ по льну. Эти образцы в течение двух-трех лет показывали высокий и средний индекс (0,26–0,6 у. е.) устойчивости.

**Ключевые слова:** лен, болезнь, пасмо (септориоз), *Septoria linicola*, горизонтальная устойчивость

**Для цитирования:** Кудрявцева Л.П., Рожмина Т.А. Генотипы льна с горизонтальной устойчивостью к пасмо (септориозу) для целей селекции. *Аграрная наука*. 2023; 370(5): 78–82. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-78-82>

©Кудрявцева Л.П., Рожмина Т.А.

# Flax genotypes with horizontal resistance to pasmo (septoria) for breeding purposes

## ABSTRACT

**Relevance.** Flax pasmo currently belongs to the most common diseases in the flax-growing regions of the Russian Federation. In the years of epiphytotic, losses from the disease can increase up to 25–30%. Purposeful breeding work for resistance to pasmo is restrained, first of all, by the absence of highly resistant to the disease of the initial forms of long-lived flax. The purpose of our research was to search for genotypes with horizontal resistance to flax pasmo for use in breeding programs for disease resistance.

**Methods.** The total assessment of the harmfulness of the disease was the criterion «area under the disease development curve», the stability index of each sample was calculated.

**Results.** In the conditions of Tver region (2019–2021) in an infectious nursery on an artificially provocative background to pasmo in the field, the stability of the collection and breeding material of long-lived flax was determined in dynamics. During the years of research, 731 flax genotypes were analyzed, the level of horizontal stability of each genotype was calculated. During the study, 61 genotypes with different levels of protection were identified, characterized by a delayed type of pasmo development. The stability index was 0.26–1.8 cu. The greatest breeding and immunological value is represented by 29 genotypes (L-2815-7-1, L-2808-8-5, L-2633-8-1, 0-15157-6-4, 0-15157-6-14, 0-15157-6-4, 0-13606-8-7, L-2815-7-1, L-3003-6-4, r-311-538-9, r-61-523-9, L-2947-6-3 etc.) in view of the high stability index. The highlighted Selected samples with a horizontal type of stability should be used for flax breeding programs. These samples for two to three years showed a high and average index (0.26–0.6 cu) of stability.

**Key words:** flax, disease, pasmo (septoria), *Septoria linicola*, horizontal stability

**For citation:** Kudryavtseva L.P., Rozhmina T.A. Flax genotypes with horizontal resistance to pasmo (septoria) for breeding purpose. *Agrarian science*. 2023; 370(5): 78–82. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-78-82> (In Russian).

© Kudryavtseva L.P., Rozhmina T.A.

## Введение / Introduction

Септориоз занимает доминирующее положение в комплексе грибных болезней на посевах зерновых, сои и других сельскохозяйственных культур [1–3].

Пасмо (септориоз) — одно из распространенных болезней в льносеющих регионах мира, особенно в странах с умеренным климатом. Болезнь в России начала прогрессировать в начале 80-х годов прошлого столетия, после снятия карантина на льне-долгунце в 1978 году [4–7]. На льне вредоносность пасмо проявляется в основном в предуборочный период. Сильное поражение льна септориозом во время цветения снижает содержание масла в семенах и йодное число масла. У больных растений выход луба уменьшается на 1,0–4,0%, а крепость снижается с 15 кгс у здоровых растений до 7 кгс — у пораженных, выход длинного волокна уменьшается почти в два раза, потери урожая семян могут достигать 20,0–30,0%, а у восприимчивых сортов — до 50,0% [8–10].

В настоящее время устойчивые сорта льна-долгунца в производстве отсутствуют. Средней устойчивостью к пасмо характеризуются сорта Цезарь (Институт льна, Россия) и Грант (Республика Беларусь) [11]. Выведение высокоустойчивых сортов к пасмо позволило бы не только значительно повысить урожайность льна-долгунца, но и снизить уровень применения пестицидов. Основной причиной, сдерживающей данный процесс, является отсутствие высокоустойчивых источников и доноров устойчивости к этому патогену [12].

Высокий уровень полевой устойчивости к болезням растений определяется сочетанием разных типов устойчивости, в первую очередь вертикальной и горизонтальной. Длительную устойчивость от пасмо обеспечивают сорта с частичной (горизонтальной) устойчивостью, характеризующиеся замедленным (*slow mildewing* или аналогично *slow rusting*) развитием болезни в полевых условиях, способные снизить развитие эпифитотий и увеличить продолжительность сохранения устойчивости у сорта.

Цель исследований — поиск генотипов с горизонтальной устойчивостью к пасмо льна для использования их в селекционных программах на устойчивость к болезням.

## Материал и методы исследования / Material and methods of research

Объектом исследований служили коллекционные образцы (276 шт.) и селекционный материал льна (455 шт.) Федерального научного центра лубяных культур в количестве 731 генотипа. Изучение устойчивости *Septoria linicola* проводили в полевых условиях на инфекционно-провокационном фоне, созданном путем внесения в почву 3–4 г на делянку 0,5 пог. м инфицированной пасмо льносоломы. Для усиления инфекционного фона на пасмо учетные делянки обсеивали восприимчивыми сортами, по всходам которых раскладывали льносолому, пораженную пасмо, из расчета 1,5–2 кг на 50 м<sup>2</sup>. Интенсивность развития болезни определяли по пятибалльной шкале в соответствии с методикой ВНИИЛ (2006<sup>1</sup>). Для изучения типов взаимодействия «хозяин — патоген» проводили учеты динамики развития болезни на коллекционном и селекционном материале льна, отмечая время

появления и скорость ее развития на каждом генотипе. Объективными критериями определения уровня горизонтальной устойчивости образца в полевых условиях являются степень поражения (%), «площадь под кривой развития болезни» (ПКРБ) (у. е.). определяли на основании результатов пяти учетов интенсивности развития болезни в период вегетации. Первый учет проводили в конце массового цветения — начале зеленой спелости, заключительный — в период полной спелости, перед уборкой. ПКРБ (S) рассчитывали по формуле (1):

$$S = \sum_{Y=2}^n dj (Y_j + Y_{j+1}), \quad (1)$$

где  $n$  — число учетов;  $dj$  — разность между двумя последовательными учетами, сутки;  $Y_j, Y_{j+1}$  — соответственно, поражения в первом и втором учете из каждых двух последовательных, балл или процент поражения по методу Кудрявцевой<sup>2</sup>.

В зависимости от внешних условий и инфекционной нагрузки абсолютные значения ПКРБ могут варьировать по годам. В связи с этим использовали относительный показатель — индекс устойчивости (ИУ). Это отношение показателя ПКРБ тестируемого сорта к показателю ПКРБ устойчивого контроля (стандарта):

$$\text{ИУ} = \text{ПКРБ сорта} / \text{ПКРБ контроля}.$$

По величине ИУ генотипы были условно разделены на четыре группы: с высоким (0,10–0,35), средним (0,36–0,65), низким (0,66–0,80) ИУ и с высокой восприимчивостью (ИУ > 0,81)<sup>3</sup>.

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена по общепринятым методикам<sup>4</sup>.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Генотипы с неспецифической устойчивостью в начале эпифитотии даже при искусственном заражении часто бывают поражены в слабой степени. В период сильных эпифитотий они остаются слабо пораженными, но в окружении сильно восприимчивых образцов могут под конец вегетации оказаться сильно пораженными. Сорта с горизонтальной устойчивостью поражаются лишь в определенную фазу развития и при определенном (большом) количестве исходного инокулюма. Тестирование 731 генотипа по устойчивости к пасмо проводили на инфекционно-провокационном фоне.

Развитие болезни в сильной степени зависело не только от качественной инфекции, но и погодных условий, складывающихся в вегетационный период. В целом метеоусловия 2019–2021 годов были благоприятными для развития патогена. Июль 2019 года был прохладным, со значительными осадками, в один-два раза превышающие средние многолетние показатели. Вегетационный период оказался растянут, фазы развития льна наступали позже календарных сроков. Прохладная погода июля и I декады августа сдерживала развитие пасмо. Оптимальные условия (температура воздуха 18,8–20,0 °С и относительная влажность воздуха 80–86%) для возбудителя сложились во II и III декадах августа.

Эпифитотийное развитие пасмо льна было отмечено в 2020 году, этому способствовала высокая влажность воздуха (82–87%) июля. Начиная с массового цветения растений (II декада июля), на 90% селекционного

<sup>1</sup> Методические указания по фитопатологической оценке устойчивости льна-долгунца к болезням. М.: Издательство РАСХН. 2006; 30–34.

<sup>2</sup> Кудрявцева Л.П., Лошакова Н.И., Соколова Н.С. Методические рекомендации по оценке льна на горизонтальную устойчивость к возбудителю пасмо (септориозу). Тверь. 2011; 10.

<sup>3</sup> Коновалов Ю.Б. Селекция растений на устойчивость к болезням и вредителям. Москва: КолосС. 1999; 135. ISBN 5-10-003392-4

<sup>4</sup> Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию. 2012; 352.

и коллекционного материала было зафиксировано заселение возбудителя на настоящих листочках. Далее пасмо стремительно развивалось. Наличие первичной инфекции, благоприятных погодных условий во II и III декадах августа (тепло и влага) способствовало сильному развитию патогена в инфекционном питомнике. В 2021 году в начале августа средняя температура воздуха в регионе составила 18,4 °С, количество выпавших осадков превышало средние многолетние показатели в 1,8 раза, в этот период относительная влажность воздуха составила 82%.<sup>5</sup> Эти условия являются оптимальными для развития болезни *Septoria linicola*. Высоковосприимчивые инфекторы (М-215, П-73 и др.) в годы исследований поразились на 78,5–85,0%.

Если метеорологические условия 2019 года складывались не столь благоприятно для возбудителя и сдерживали развитие болезни, то образцы, обладающие неспецифической устойчивостью, не поразились в течение 40–48 суток вегетационного периода (начиная с периода бутонизации-цветения).

Генотипы, не обладающие горизонтальной устойчивостью, поразились и при малой инфекционной нагрузке. Это наблюдали на сильно восприимчивых образцах Леона и Пенджаб (США) (степень развития болезни, соответственно, 76,6–79,8%). Колонизацию возбудителем отмечали в период бутонизации-цветения, инфекция развивалась быстро и в течение 8–12 суток, стебель полностью поражался патогеном. Данные образцы относятся к 4-й группе, они быстро накапливают инфекцию и становятся более восприимчивыми к уборке, так как уже в раннюю желтую спелость поразились на уровне 65,0–75,0%. На устойчивых образцах селекционного и коллекционного материала (Л-2677-8-1, Л-2633-8-1, Л-2828-8-5, л. 582, л. 594, Г-61-529-9, к-6852 и др.) инфекция появлялась на 15–20 суток позднее, скорость развития пасмо была низкой, происходило замедление процесса.

Анализ всех изучаемых генотипов льна показал, что доминирующее положение занимали быстро накапливающие инфекцию коллекционные образцы и селекционные линии. В годы исследований этот показатель варьировал и был в пределах 71,9–83,3% (табл. 1).

По динамике развития болезни 11,3–18,2% селекционных линий и коллекционных образцов имели умеренную скорость развития болезни. На генотипах Л-2811-7-1, Талер, Борец, 0-15157-6-4, Л-2811-7-1, Л-2874-7-3 и др. первые симптомы на стеблях растений появлялись в начале августа по сравнению с высоковосприимчивыми образцами, где инфекционный процесс начинал развиваться в середине и конце июля. Образцы Ф-2050, Л-2853-8-23, 0-15226-7-4, 0-15129-6-5 в начале зеленой спелости имели единичные пятна на стеблях растений. Реакция на возбудителя была умеренной в течение 18–25 суток, пораженность составляла 40,0–60,0% в зависимости от генотипа. Период заражения на данных коллекционных образцах и селекционных линиях льна-долгунца — около трех недель.

Образцы с низкой скоростью развития болезни в полевых условиях составляли от 5,3 до 10,1%. Развитие патогена на стеблях растений льна происходило в течение 30 и более суток. Линии 0-15157-6-35, 0-15210-6-3, Л-2934-6-12, Л-3003-6-39, 0-15226-7-4, r-61-529-9, л. 582/17, Л-2808-8-5, л. 579/17, r-311-538-9 и др. очень медленно накапливали инфекцию, в начале зеленой спелости они оставались здоровыми. Нарастание

Таблица 1. Группировка генотипов по динамике развития болезни

Table 1. Grouping of genotypes by disease development dynamics

Год	Количество образцов, линий шт.	Инфицирование растений сортообразцов льна, %		
		высокая «скорость» накопления инфекции	средняя (умеренная) «скорость» накопления инфекции	низкая «скорость» накопления инфекции
2019	227	71,9	18,2	10,1
2020	246	83,3	11,4	5,3
2021	258	79,2	11,3	9,5

Таблица 2. Уровень горизонтальной устойчивости образцов льна

Table 2. Level of horizontal stability of flax samples

Селекционная линия, образец	Суммарная оценка вредоносности S — ПКРБ	Индекс устойчивости (по отношению к устойчивому стандарту Белинка (315 ед.))	Степень устойчивости, %
r-311-538-9	98,1	0,35	62,4
л. 987/02	205,0	0,42	60,4
л. 1535/07	231,0	0,73	49,8
Л-2815-7-1	167,5	0,53	52,4
к-6799 л. 488 (Эр130-3 × Кристал)	190,0	0,65	51,8
к-6249 (San Lozzaro Econpo)	297,7	0,9	48,2
Candidas	110,0	0,37	60,0
Л-2677-8-1	97	0,3	61,9
0-13602-8-3	305,7	1,0	40,8
0-15157-6-14	297,7	0,9	44,4
л. 579/17	105	0,38	64,0
Б-100	510	1,8	40,0
Л-2808-8-5	116	0,4	54,3
Л-2633-8-1	110,1	0,37	59,4
0-15157-6-4	133,3	0,49	55,8
0-15157-6-9	114,1	0,43	55,5
0-15157-6-14	128,8	0,48	59,3
0-15157-6-35	103	0,34	66,0
0-15208-6-6	190	0,65	53,4
0-15208-6-11	85	0,26	70,2
л. 580/17	85	0,26	69,9
0-13606-8-7	105	0,38	62,4
Л-2685-6-7	217,5	0,7	48,2
Г-61-529-9	192,1	0,62	45,4
Л-2815-7-1	167,5	0,51	52,8
Л-2987-6-30	116	0,41	56,2
Л-3003-6-4	110,1	0,32	61,0
Л-2998-6-11	133,3	0,49	58,0
Л-1535	114,1	0,43	54,4
85159-8	128,8	0,48	52,2
r-61-523-9	103	0,31	66,8
r-61-529-9	190	0,65	48,8
Л-3003-6-39	85	0,26	70,1
Л-2947-6-3	85	0,26	69,9
Л-2992-6-7	105	0,38	62,2
Белинка (устойчивый)	315,0		75,0
Славный 82 (восприимчивый)	2108,0	5,9	35,4
Пенджаб (сильновосприимчивый)	3010,0	8,3	20,9
НСР <sub>05</sub>			26,9

<sup>5</sup> Архив погоды. Тверь. Путь доступа: <https://tver.nuipogoda.ru/%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0-2021>

инфекции происходило в раннюю желтую спелость на уровне 15,0–20,0%, и только в период полной спелости оно достигало 25,0–35,8%. Эти образцы характеризуются замедленным развитием пасмо в полевых условиях.

Длительную защиту от пасмо обеспечивают образцы с высоким индексом устойчивости. За годы исследований идентифицирован 61 генотип с различным уровнем защиты, характеризующиеся замедленным типом развития пасмо. Индекс устойчивости составил 0,26–1,8 у. е. Наибольшую селекционную и иммунологическую ценность представляют 29 генотипов (Л-2815-7-1, Л-2808-8-5, Л-2633-8-1, 0-15157-6-4, 0-15157-6-14, 0-15157-6-4, 0-13606-8-7, Л-2815-7-1, Л-3003-6-4, r-311-538-9, r-61-523-9, Л-2947-6-3 и др.) ввиду высокого и среднего индекса устойчивости. Эти образцы в течение двух-трех лет показывали повышенный уровень частичной (0,26–0,6 у. е.) устойчивости (табл. 2).

Структурный анализ 731 изучаемого генотипа показал, что максимальное число образцов (72,4%) с высокой и средней частичной устойчивостью выявлен среди селекционного материала Института лубяных культур.

Все генотипы (29 ед.), показавшие высокий и средний уровень устойчивости, в полевом инфекционном питомнике на пасмо были отнесены к группе среднеустойчивых на заражение патогеном. Степень устойчивости — от 51,8 до 70,2%. Семь образцов (Л-2947-6-3, Л-3003-6-39, 0-15208-6-11, л. 580/17, л. 579/17, r-61523-9, Л-2992-6-7) характеризовались более высокой устойчивостью к возбудителю (табл. 2).

Образцы льна-долгунца, которые поразились в первую очередь, показавшие высокую восприимчивость к болезни в период уборки, не представляют интереса для дальнейшей селекционной работы на данный признак. Для того чтобы повысить уровень устойчивости всего селекционного материала, необходимо выбраковать, удалять из селекционного процесса высоковосприимчивые образцы для целенаправленного ведения селекции на устойчивость к пасмо.

Степень вреда от болезни будет тем больше, чем сильнее образцы поражены в более ранние фазы развития льна. Чем дольше сорта сохраняют устойчивость, тем менее они вредоносны (даже при значительном их поражении в конце вегетации). Критерием неспецифической устойчивости льна к пасмо является динамика развития болезни на каждом генотипе, выраженная показателем ПКРБ, а также уровнем устойчивости в период уборки. Индекс восприимчивости сорта Славный 82 в 5,9 раза был выше, чем у относительно устойчивого сорта-стандарта льна Белинка. Суммарная оценка вредоносности (ПКРБ — у. е.) у восприимчивого сорта Славный 82 и сильно восприимчивого образца Пенджаб ПКРБ составила, соответственно, 2108,0 и 3010,0 против 315,0 у относительно устойчивого сорта Белинка (табл. 2).

### Выводы / Conclusion

В результате трехлетних исследований образцов из коллекции (276 шт.) и селекционного материала (455 шт.) по динамике развития пасмо все образцы были условно разделены на три группы: с низкой (период накопления инфекции 22 и более 30 суток), умеренной (период накопления инфекции 18–21 сутки) и высокой (период накопления инфекции 6–17 суток) скоростью развития болезни. Основная часть (71,9–83,3%) изучаемых образцов имела высокую скорость развития болезни. Генотипы с низкой скоростью развития болезни в полевых условиях составили от 5,3 до 10,1%. Перспективными для селекционных программ являются сорта и образцы льна с низкой и умеренной скоростью развития болезни, обладающие более высоким уровнем устойчивости. Выделено 29 образцов, характеризующихся горизонтальной (частичной, расонеспецифической) устойчивостью, обеспечивающих медленное накопление инфекции и способных реализовать свою продуктивность в условиях эпифитотий, обеспечивая при этом определенное генетическое равновесие между растением-хозяином и патогеном.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2019-2016).

### FUNDING:

The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Task of the Federal State Budgetary Institution «Federal Scientific Center of Bast Crops» (topic No. FGSS-2019-2016).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Yang N., McDonald M.C., Solomon P.S., Milgate A.W. Genetic mapping of *Stb19*, a new resistance gene to *Zymoseptoria tritici* in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 2018; 131(12): 2765–2773. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3189-0>
2. Коломиец Т.М., Панкратова Л.Ф., Пахолкова Е.В. Сорта пшеницы (*Triticum L.*) из коллекции GRIN (США) для использования в селекции на длительную устойчивость к септориозу. *Сельскохозяйственная биология*. 2017; 52(3): 561–569. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.3.561rus>
3. Харина А.В., Шешегова Т.К. Поиск устойчивого к септориозу исходного материала яровой мягкой пшеницы и анализ наследования признака. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021; 22(2): 212–222. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.212-222>
4. Нехведович С.И. Патогенный комплекс грибов, паразитирующих на льне масличном. *Молодежь в науке – 2018. Сборник материалов Международной конференции молодых ученых*. Минск: Белорусская наука. 2018; 159–175. <https://www.elibrary.ru/yzzhpf>

### REFERENCES

1. Yang N., McDonald M.C., Solomon P.S., Milgate A.W. Genetic mapping of *Stb19*, a new resistance gene to *Zymoseptoria tritici* in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 2018; 131(12): 2765–2773. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3189-0>
2. Kolomiets T.M., Pankratova L.F., Pakholkova E.V. Wheat (*Triticum L.*) cultivars from GRIN collection (USA) selected for durable resistance to *Septoria tritici* and *Stagonospora nodorum* blotch. *Agricultural Biology*. 2017; 52(3): 561–569. (In Russian) <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.3.561rus>
3. Kharina A.V., Shcheshhegova T.K. Search for the parent material of spring soft wheat resistant to *septoria tritici* blotch and analysis of the trait inheritance. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2021; 22(2): 212–222. (In Russian) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.212-222>
4. Nekhvedovich S.I. Pathogenic complex of fungi parasitizing on oil flax. *Youth in Science – 2018. Collection of materials of the International Conference of Young Scientists*. Minsk: Belorusskaya nauka. 2018: 159–175. (In Russian) <https://www.elibrary.ru/yzzhpf>

5. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Савоскина О.А., Алибеков М.Б., Алырчиков Ф.В. Модернизация инструментария, инновационный подход к оценке и стабилизации фитосанитарной обстановки в льноводстве. *Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции.* Тверь. 2018; 183–190. <https://www.elibrary.ru/vushnk>
6. Stafecka I., Grauda D., Stramkale S. The evaluation of disease resistance of flax genotypes in relation to environmental factors. *Zemdirbyste-Agriculture.* 2019; 106(4): 367–376. <https://doi.org/10.13080/z-a.2019.106.047>
7. Cheng Y. *et al.* Molecular Diagnostics and Pathogenesis of Fungal Pathogens on Bast Fiber Crops. *Pathogens.* 2020; 9(3): 223. <https://doi.org/10.3390/pathogens9030223>
8. Novakovskiy R.O. *et al.* Data on genetic polymorphism of flax (*Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Aureobasidium*, *Septoria*, and *Melampsora* genera. *Data in Brief.* 2020; 31: 105710. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105710>
9. Savoskina O.A., Chebanenko S.I., Kurbanova Z.K., Shitikova A.V., Kudryavtsev N.A. Optimization of the phytosanitary condition of agrocenoses in the non-chernozem zone of the Russian Federation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2020; 579: 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012055>
10. Кудрявцев Н.А., Кудрявцева Л.П., Зайцева Л.А., Курбанова З.К. Ресурсы улучшения фитосанитарного состояния посевов льна. *Защита и карантин растений.* 2020; 8: 22–26. [https://doi.org/10.47528/1026-8634\\_2020\\_8\\_22](https://doi.org/10.47528/1026-8634_2020_8_22)
11. Павлова Л.Н., Рожмина Т.А., Герасимова Е.Г., Румянцова В.Н., Кудрявцева Л.П., Киселева Т.С. Хозяйственная ценность новых сортов льна-долгунца. *Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы. Сборник научных трудов.* Тверь. 2018; 18–20. <https://www.elibrary.ru/yxrekt>
12. Курчакова Л.Н. Эффективность отбора на устойчивость льна к пасмо в популяциях  $F_2-F_7$ . *Научные разработки селекцентра — льноводству.* Тверь. 2020; 44–46.
5. Kudryavtsev N.A., Zaitseva L.A., Savos'kina O.A., Alibekov M.B., Alyrchikov F.V. Modernization of tools, an innovative approach to assessing and stabilizing the phytosanitary situation in flax growing. *Scientific support for the production of spinning crops: state, problems and prospects. Collection of scientific works on the proceedings of the International scientific and practical conference.* Tver. 2018; 183–190. (In Russian) <https://www.elibrary.ru/vushnk>
6. Stafecka I., Grauda D., Stramkale S. The evaluation of disease resistance of flax genotypes in relation to environmental factors. *Zemdirbyste-Agriculture.* 2019; 106(4): 367–376. <https://doi.org/10.13080/z-a.2019.106.047>
7. Cheng Y. *et al.* Molecular Diagnostics and Pathogenesis of Fungal Pathogens on Bast Fiber Crops. *Pathogens.* 2020; 9(3): 223. <https://doi.org/10.3390/pathogens9030223>
8. Novakovskiy R.O. *et al.* Data on genetic polymorphism of flax (*Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Aureobasidium*, *Septoria*, and *Melampsora* genera. *Data in Brief.* 2020; 31: 105710. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105710>
9. Savoskina O.A., Chebanenko S.I., Kurbanova Z.K., Shitikova A.V., Kudryavtsev N.A. Optimization of the phytosanitary condition of agrocenoses in the non-chernozem zone of the Russian Federation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2020; 579: 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012055>
10. Kudryavtsev N.A., Kudryavtseva L.P., Zaitseva L.A., Kurbanova Z.K. Resources for the improving the phytosanitary state of flax crops. *Plant Protection and Quarantine.* 2020; 8: 22–26. (In Russian) [https://doi.org/10.47528/1026-8634\\_2020\\_8\\_22](https://doi.org/10.47528/1026-8634_2020_8_22)
11. Pavlova L.N., Rozhmina T.A., Gerasimova E.G., Rummyantseva V.N., Kudryavtseva L.P., Kiseleva T.S. Economic value of new varieties of flax. *Scientific support for the production of spinning crops: state, problems and prospects. Collection of scientific papers.* Tver. 2018; 18–20. (In Russian) <https://www.elibrary.ru/yxrekt>
12. Kurchakova L.N. Efficiency of selection for flax resistance to pasmo in populations  $F_2-F_7$ . *Scientific developments of the breeding center — flax growing.* Tver. 2020; 44–46. (In Russian)

**ОБ АВТОРАХ:**

**Людмила Платоновна Кудрявцева,**  
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,  
Федеральный научный центр лубяных культур,  
Комсомольский пр-т, д. 17/56, Тверь, 170041, Россия  
[info.trk@fncl.ru](mailto:info.trk@fncl.ru)  
<https://orcid.org/-0000-0001-8425-6502>

**Татьяна Александровна Рожмина,**  
доктор биологических наук,  
Федеральный научный центр лубяных культур,  
Комсомольский пр-т, д. 17/56, Тверь, 170041, Россия  
[info.trk@fncl.ru](mailto:info.trk@fncl.ru)  
<https://orcid.org/-0000-0002-8204-7341>

**ABOUT THE AUTHORS:**

**Lyudmila Platonovna Kudryavtseva,**  
Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher,  
Federal Research Center for Bast Crops,  
17/56 Komsomolsky prospect, Tver, 170041, Russia  
[info.trk@fncl.ru](mailto:info.trk@fncl.ru)  
<https://orcid.org/-0000-0001-8425-6502>

**Tatiana Alexandrovna Rozhmina,**  
Doctor of Biological Sciences,  
Federal Scientific Center of Bast Crops,  
17/56 Komsomolsky prospect, Tver, 170041, Russia  
[info.trk@fncl.ru](mailto:info.trk@fncl.ru)  
<https://orcid.org/-0000-0002-8204-7341>