

ВИРУЛЕНТНОСТЬ МЕСТНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ВОЗБУДИТЕЛЯ РЖАВЧИНЫ И УСТОЙЧИВОСТЬ К НЕЙ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЛЬНА

Кудрявцева Людмила Платоновна¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК
ФГБНУ² «Федеральный научный центр лубяных культур», 170041, Тверь, ул. Комсомольский проспект, д.17/56; тел. +7(48251)9-18-44;
e-mail: info.trk@fncl.ru

Ключевые слова: лен, возбудитель болезни, ржавчина, вирулентность, биотипы, коллекционные образцы.

Селекционная программа Института льна по созданию устойчивых к ржавчине сортов предусматривает изучение, мониторинг вирулентности популяции *Melampsora lini* (Pers.) Lev. Наблюдения за вирулентностью популяции возбудителя ржавчины льна проводили с целью поиска исходного материала, непораженного данной патологией. Объектом исследований были уредо- и телейтиообразцы из «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна», тест-сортов и коллекционные образцы льна. Контроль за общей полевой искусственной популяцией *Melampsora lini* (Pers) Lev. осуществляли в полевых (Тверская обл., Северо-Западный регион) и лабораторных условиях на светоустановке СУЛ-1, используя 15 тест-сортов льна в соответствии с методическими указаниями Института льна. Погодные условия в вегетационные периоды 2018, 2019, 2020 и 2022 годов были относительно благоприятными для развития патогена. Исследования, проведенные в течение последних 5 лет (2018-2022гг.) в связи с контролем общей вирулентности местной популяции возбудителя ржавчины льна показали, что резкого изменения вирулентности местной (тверской) популяции патогена не отмечалось. Реакция сортов-дифференциаторов ржавчины льна за этот период выявила разнообразие расового состава в местной популяции патогена. В 2018-2022 годах произошло дальнейшее накопление вирулентных рас, поражающих устойчивые сорта Новоторжский (43,3-64,1 %), Мерилин (35,0-40,8 %), Торжокский 4 (15,3-23,3 %) и Эскалина (14,4-44,4 %). Периодически фиксируется изменение реакции к ржавчине у устойчивых сортов Алексим, Зарянка, Томский 17 и Прибой. В 2020 и 2022 годах появлялись биотипы, поразившие высокоустойчивый к ржавчине сорт Ленок. Следует обратить внимание на исчезновение в 2018-2022 гг. биотипов, поражающих высокоустойчивый сорт Ализе. Сорта селекции ВНИИЛ Росинка, Альфа и Тверской, включенные в Госреестр селекционных достижений, наряду с высокой устойчивостью показывают и высокую стабильность. На них не зафиксировано появления вирулентных рас и биотипов, что свидетельствует об отсутствии в популяции новых сильновирulentных изолятов. Оценка 438 коллекционных образцов на инфекционных фонах к ржавчине и фузариозному увяданию позволила выявить 15 генотипов (V51009(8513), т2-2, Л-987/07, К-6887*, К-3774*, Г-61 и др.) льна с высокой групповой устойчивостью (95,3-100%) к двум патогенам, которые являются перспективным материалом для создания новых сортов льна.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования. Федеральный научный центр лубяных культур по теме № FGSS 2019-0016.

Введение

По вредоносности на посевах льна ржавчина занимает второе место после фузариозного увядания [1, 2, 3, 4]. Семенная продуктивность снижается до 90 % при сильном развитии ржавчины, выход длинного волокна – в 2,7 раза. Качество льноволокна ухудшается в зависимости от интенсивности развития болезни на 4-9 номеров [5, 6, 7, 8].

Возделывание устойчивых сортов - это наиболее эффективное направление интегрированного контроля *Melampsora lini* (Pers) Lev., которое способствует снижению потерь урожая и отвечает современным требованиям производства [10, 11]. Благодаря высокому уровню физиологической специализации облигатный патоген имеет пятистадийный цикл развития, биологические формы которого дифференциру-

ются на расы и биотипы, усложняет селекционную работу на устойчивость к данному патогену, изменчивость которых вызывает периодическую потерю устойчивости созданных сортов [7, 12]. Расширение расового состава, увеличение в популяциях новых вирулентных рас, адаптация к сорту существующих рас и повышение их вирулентности, генетические изменения иммунных свойств сорта в процессе возделывания, а также изменения климатических условий - все это было отмечено в 50-е годы.

Широкому распространению ржавчины в 60-е годы также способствовали восприимчивые сорта льна-долгунца, которые занимали основные посевные площади [8]. Проблема с ржавчиной была частично решена в 80-е годы с созданием и внедрением в производство относительно и среднеустойчивых сортов. К 1985

году они занимали до 94,0 % всех площадей сортовых посевов льна-долгунца [9, 13]. В 90-х годах на смену среднеустойчивым сортам пришел ряд новых, устойчивых к патогену сортов, которые заняли основные посевные площади льна-долгунца. В настоящее время сорта льна-долгунца, включенные в Госреестр селекционных достижений, допущенные к использованию, характеризуются высокой устойчивостью к ржавчине, в том числе сорта селекции Института льна: Зарянка, Тверской, Альфа и др. Этот ценный признак сохраняется у некоторых сортов 12-30 лет [13, 14].

Угроза появления новых рас и накопление более агрессивных, потеря устойчивости у возделываемых сортов вызывает необходимость постоянного контроля вирулентности популяции патогена, поиска новых источников устойчивости среди коллекционных образцов льна, представляющих интерес для селекционной практики, что и явилось целью нашей работы.

Материалы и методы исследований

Объектами исследований были уредо- и телейтообразцы из «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна», тест-сорта и коллекционные образцы льна. Контроль за общей полевой искусственной популяцией *Melampsora lini* (Pers) Lev осуществляли в полевых условиях на опытном поле Института льна (Тверская обл., Северо-Западный регион) и на светоустановке СУЛ-1, используя 15 тест-сортов льна, устойчивых к возбудителю: Торжокский 4, Ленок, Алексим, Новоторжский, Росинка, Мерилин, Зарянка, Антей, Альфа, Ализе, Томский 17, Прибой, Тверской, Эскалина и восприимчивый сорт Полесский 4 [15]. Вирулентность изолятов уредоспор возбудителя ржавчины определяли на светоустановке СУЛ-1. В ящики размером 20x45x10 см высевали по восемь семян, различных по устойчивости к ржавчине сортов льна (9-10 сортов) с трехкратной повторностью. Всходы льна инокулировали уредоспорами, смешанными с тальком (1:20). Учитывали количество пораженных растений и количество уредопустул на одном больном растении [15, 16].

Для изучения устойчивости 438 коллекционных образцов льна использовали биообразцы уредо- и телейтоспор *M. lini* из «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна» Института льна, создавали искусственную полевую популяцию патогена, закладывали инфекционно-провокационный питомник в соответствии с методикой по фитопатологической оценке устойчивости льна к болезням [15].

Устойчивый к ржавчине коллекционный материал льна дополнительно оценивали по устойчивости к фузариозному увяданию [15].

В годы исследований (2018-2022 гг.) развитие ржавчины в полевом инфекционно-провокационном питомнике существенно зависело от погодных условий вегетационного периода. Распространению ржавчины льна способствует влажная, умеренно теплая погода. Вегетационные периоды 2019 г., 2020 г. характеризовались повышенным количеством осадков при средней температуре воздуха, близкой к норме (ГТК-1,8) в 2019 г., а в 2020 г. на 0,2 °С ниже нормы (ГТК-2,2). В третьей декаде июня и весь июль 2022 г. среднедекадная температура воздуха составила 15-24 °С, стояла пасмурная погода, что способствовало массовому развитию уредостадии. В засушливые годы с высокой среднесуточной температурой воздуха возбудитель не развивается или проявляется очень слабо, что и наблюдали в 2021 году, когда июнь и июль характеризовался высокой температурой воздуха продолжительное время (27-30 °С) и дефицитом осадков в течение двух декад июня и июля, что значительно снижало интенсивность развития заболевания в полевом питомнике на ржавчину. Восприимчивый сорт Полесский 4 в 2021 году поражен на 45,8 %. Проявление ржавчины на других тест-сортах в этот год не фиксировали, за исключением сортов Томский 17 и Мерилин (табл. 1). В целом, годы: 2018, 2019, 2020 и 2022 были относительно благоприятными для развития патогена.

Результаты исследования

Наблюдение за развитием ржавчины в 2018-2022 гг. на 15 тест-сортах показало, что резкого изменения вирулентности местной популяции ржавчины не отмечалось. Сильновосприимчивый сорт Полесский 4 в течение последних 8-10 лет сохранил свою реакцию к тверской популяции возбудителя (табл.1). Реакция сортов дифференциаторов ржавчины льна показала разнообразие расового состава в местной популяции патогена (табл.1).

Периодически фиксируется изменение реакции к ржавчине на устойчивых сортах: Зарянка, Томский 17, Алексим, Прибой. В 2020 и 2022 годах регистрировали биотипы, поразившие высокоустойчивый к ржавчине сорт Ленок. Следует обратить внимание на исчезновение в 2018-2022 гг. биотипов, поражающих высокоустойчивый сорт Ализе. Все эти данные свидетельствуют о том, что расы с большей вирулентностью встречаются регулярно, но часть их ис-

Реакция тест-сортов льна -долгунца к местной популяции ржавчины

Сорт	Распространение ржавчины, %					
	2013-2017гг.	2018 г.	2019 г.	2020гг	2021г.	2022г.
Торжокский 4	21,9	23,3	20,6	15,3	0	18,2
Новоторжский	64,4	64,1	54,9	43,3	0	48,0
Алексим	1,0	16,8	5,6	0	0	21,4
Ленок	0	0	0	17,9	0	1,1
Тверской	0	0	0	0	0	0
Томский 17	1,1	0	0	0	6,6	0
Альфа	0	0	0	0	0	0
Росинка	0	0	0	0	0	0
Зарянка	8,2	8,6	7,2	0	0	0
Прибой	2,0	6,8	6,2	0	0	8,3
Антей	44,9	35,1	3,2	0	0	42,5
Мерилин	49,1	35,1	35,0	35,8	36,6	40,8
Ализее	3,7	0	0	0	0	0
Эскалина	63,5	44,4	43,6	14,4	0	30,0
Л-1120	77,7	63,9	64,5	29,9	0	40,0
Полесский 4	85,9	85,0	85,9	85,9	45,8	84,8

чезает из популяции возбудителя. В 2018-2022 годах произошло дальнейшее накопление вирулентных рас, поражающих устойчивые сорта: Новоторжский (43,3-64,1 %), Мерилин (35,0-40,8 %), Торжокский 4 (15,3-23,3 %) и Эскалина (14,4-44,4 %). Высокопродуктивные сорта: Торжокский 4, Новоторжский в течение 20 лет, с момента внедрения в производство в 80-е годы, сохраняли свою высокую устойчивость к патогену. Однако, начиная с 2000 годов, они постепенно теряют свою высокую устойчивость в пределах 15,5-17,7 % сорт Торжокский 4 и 19,0-51,7 % сорт Новоторжский. Сорта Новоторжский, Торжокский 4 защищены вертикальной устойчивостью к патогену. Новоторжский в настоящее время перешел в группу среднеустойчивых сортов, что указывает на наличие в популяции возбудителя вирулентных к ним рас. Интересно отметить, что сорта Новоторжский и в меньшей степени Торжокский 4 в тверской популяции к 2010-2012гг. уже поразились в пределах 15,0-20,0 % и не поразились в 80-е годы, когда эти сорта только начали возделывать в производстве. Однако, по данным С. Н. Кутузовой, Е. А. Пороховиновой, Н. Б. Брач [7], сорта Новоторжский и Торжокский 4 в 1980-1985 годах сильно поразились пушкинской популяцией патогена, к 2012 году они стали относительно устойчивыми, сорт Новоторжский вообще не поражен. Эти данные говорят о том, что пушкинская популяция возбудителя ржавчины значительно отличается от тверской. Сорта селекции ВНИИЛ: Альфа, Росинка и Тверской, включенные в Госреестр селекционных

достижений, наряду с высокой устойчивостью показывают и высокую стабильность, на них не зафиксировано появление вирулентных рас и биотипов, что свидетельствует об отсутствии в популяции новых сильновирulentных изолятов.

Процесс расообразования в природных популяциях возбудителя ржавчины льна обуславливает необходимость постоянной селекционной работы в этом направлении. В селекционной программе льна наряду с урожайностью и качеством одним из ключевых вопросов является устойчивость исходного материала к основным грибным болезням, и в частности к ржавчине. Пораженность ржавчиной новых сортов льна-долгунца, переданных на Госсортоиспытание, не должна превышать 10 %, поэтому поиск эффективного, устойчивого исходного материала является одной из задач селекции.

В течение 5 лет на искусственно-провокационном фоне изучали реакцию к ржавчине 438 коллекционных образцов. Среди изучаемого материала 236 образцов льна показали высокую устойчивость к ржавчине (90,0-100 %), 4,1 % были восприимчивы к популяции патогена, среднеустойчивые образцы составили 13,0 %. Для селекционной программы выделено 15 коллекционных образцов, показавших за годы исследований (2018-2022 гг.) стабильную, иммунную и высокоустойчивую реакцию к действию патогена, кроме устойчивости к ржавчине они имели высокую устойчивость к фузариозному увяданию. Эти генотипы могут служить перспективным материалом для создания новых

сортов льна с групповой устойчивостью к двум наиболее вредоносным болезням (табл.2).

Таблица 2
Устойчивость к ржавчине коллекционных образцов льна (средние данные 2018-2022 гг.)

Коллекционный образец, сорт	Устойчивость, %	
	ржавчина	фузариозное увядание
Л-987/07	98,0	95,3
К-7211	99,0	100
V51009(8513)	98,8	83,3
Г-155	97,6	86,7
Фокус	97,8	89,5
К-6890*	90,7	97,6
К--6891*	96,7	98,5
К-6887*	95,9	96,8
К-6889*	95,7	95,6
П-4629м1	98,6	100
К-3774	97,3	100
К-536	98,0	89,9
m2-2	100	100
Г-61	100	100
V51252-(8520,)	100	100
Стандарты		
Альфа	100	-
Полесский 4	49,5	-
АР-5	-	50,0
А-29	-	93,2

Обсуждение

Исследования, проведенные Т. В. Крыловой в 1975-1981; 1987-2000 гг. [6, 9] и С. Н. Кутузовой в 1963-2011 гг. [7, 8] свидетельствуют о том, что в 1976-1981 гг. происходило накопление в популяции более вирулентных рас и широкое распространение болезни. Однако, ситуация к 1990-2000 годам изменилась, вирулентность популяции значительно снизилась. Создание и внедрение в 80-90 годы устойчивых и среднеустойчивых к ржавчине сортов льна-долгунца решило проблему борьбы с ржавчиной. На протяжении 34 лет (1976-2010 гг.) искусственная популяция возбудителя ржавчины сохраняла стабильно низкую вирулентность, которая обеспечивала длительное сохранение устойчивости к ржавчине сортов льна [6, 7].

Изучение Л. П. Кудрявцевой общей полевой популяции *M. lini* в течение 2001-2010 годов на 15 тест-сортах показало, что наиболее часто присутствуют биотипы авирулентные ко всем сортам и вирулентные к тест-сортам Новоторжский и Торжокский 4 [17]. Однако, уже в 2011-2015 гг. исследования биообразцов в полевых и в лабораторных условиях обнаружили, что 53,3

% изолятов уредоспор имели более широкую вирулентность, а в 2018-2022 гг. процент средневирулентных изолятов несколько снизился и составил 40,9 %. Они поражали устойчивые сорта: Алексим, Зарянка, Новоторжский и др. Данные исследования свидетельствуют о том, что в местной популяции *Melampsora lini* (Pers) Lev. происходят изменения – накапливаются расы, поражающие устойчивые сорта, поэтому поиск устойчивого к ржавчине материала является актуальным вопросом селекции льна. Выделенные образцы с высокой групповой устойчивостью к ржавчине и фузариозному увяданию, повысят эффективность селекции на данный признак.

Заключение

Пятилетние наблюдения в Тверской области за изменением популяции гриба, вызывающего ржавчину льна, показали, что в местной популяции патогена встречаются биотипы, способные поражать устойчивые к болезни сорта льна. Появление и накопление высоковирулентных рас не обнаружено. Высокоустойчивые сорта: Росинка, Альфа и Тверской сохраняют свою устойчивость к болезни. 15 коллекционных образцов (V51009(8513), m2-2, Л-987/07, К-6887*, К-3774*, Г-61 и др.), характеризующихся стабильной высокоустойчивой реакцией к ржавчине и показавшие высокую устойчивость к фузариозному увяданию, являются ценным исходным материалом в селекции на групповую устойчивость к грибным болезням.

Библиографический список

1. Molecular diagnostics and pathogenesis of Fungal Pathogens on Bast Fiber / Chend Yi, Tang Xiaoyu, Gao Chunshed, Lu Lhimin, Chen Jia, Guo Litaio, Wang Tuhong, Xu Jianping // Patagens. - 2020. - 9(3). - P. 223-242. - DOI: 10.3390/patagens9030223.
2. Павлова, Л. Н. Значение сорта в повышении урожайности и качества продукции льна-долгунца / Л. Н. Павлова, Е. Г. Герасимова, В. Н. Румянцева // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы : сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции. – Тверь : Тверской государственный университет, 2018. - С. 20-22.
3. Устойчивость льна к грибным болезням: достижения и перспективы / О. В. Прасолова, Л. Н. Павлова, Т. А. Рожмина, Н. В. Пролетова // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве : материалы IV Международной на-

учно-практической конференции. – Киров, 2018. - С. 296-300.

4. Кудрявцев, Н. А. Ресурсы улучшения фитосанитарного состояния посевов льна / Н. А. Кудрявцев, Л. А. Зайцева, З. К. Курбанова // Защита и карантин растений. - 2020. - № 8. - С. 22-26.

5. Крылова, Т. В. Методические рекомендации по созданию искусственной полевой популяции возбудителя ржавчины / Т. В. Крылова, Н. И. Лошакова, А. О. Агеева. – Торжок : ВНИИЛ, 2009. - С. 6.

6. Крылова, Т. В. Устойчивость льна-долгунца к ржавчине / Т. В. Крылова // Научные труды ВНИИЛ. – Торжок, 2002. – Т. 1, вып. 30. - С. 39-44.

7. Кутузова, С. Н. Изменение вирулентности популяции возбудителя ржавчины льна *Melampsora lini* (Pers) Lev. в условиях Северо-Запада России / Т. С. Кутузова, Е. А. Пороховинова, Н. Б. Брач // Экологическая генетика. - 2015. - Вып. 13(3). - С. 50-61.

8. Кутузова, С. Н. Генетическая природа устойчивости отечественных сортов льна-долгунца к возбудителю ржавчины *Melampsora lini* (Pers) Lev / С. Н. Кутузова // Сельскохозяйственная биология. – 2012. - № 5. – С. 70-77.

1. Крылова, Т. В. Устойчивые сорта – основа защиты льна -долгунца от ржавчины / Т. В. Крылова // Современные проблемы льноводства на Северо-Западе Российской Федерации : материалы научно-практической конференции. – Псков, 2000. - С. 28-29.

2. Новые источники селекционно-значимых признаков льна, адаптивных к условиям Центрального нечерноземья / Т. А. Рожмина, А. А. Жученко, Н. Ю. Рожмина, Т. С. Киселева, Е. Г. Герасимова // Достижения науки и техники АПК. - 2020. - Т. 33, № 8. - С. 24-28.

3. Data on genetic polymorphism of flax *Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of

Fusarium, Colletotrichum, Aureobasidium, Septoria and Melampsora genera / R. O. Novakovskiy, E. M. 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 // Data in Brief. - 2020. - 31. Article number 105710. - DOI: 10.1016/j.dib.2020.105710.

4. Жученко, А. А. Генетические ресурсы и селекция растений – главные механизмы адаптации в сельском хозяйстве / А. А. Жученко, Т. А. Рожмина // Вестник аграрной науки. - 2019. - № 6(81). - С. 3-8.

5. Рожмина, Т. А. Научные достижения – важнейший ресурс возрождения льноводства России / Т. А. Рожмина // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы перспективы : сборник научных трудов. – Тверь, 2018. - С. 31-34.

6. Хозяйственная ценность новых сортов льна-долгунца / Л. Н. Павлова, Т. А. Рожмина, Е. Г. Герасимова, В. Н. Румянцева, Т. С. Киселева // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. – Тверь, 2018. - С. 18-20.

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

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

9. Кудрявцева, Л. П. Мониторинг вирулентности тверской популяции возбудителя ржавчины льна и устойчивость к ней селекционного материала / Л. П. Кудрявцева, Л. Н. Павлова, О. В. Прасолова // Достижения науки и техники АПК. - 2017. - Т.31, № 4. - С. 55-57.

VIRULENCE OF LOCAL POPULATION OF RUST AGENT AND RESISTANCE TO IT OF FLAX COLLECTION MATERIAL

Kudryavtseva L.P.

FSBSI¹ "Federal Scientific Center of Bast Crops", 170041, Tver, Komsomolsky Ave., 17/56; tel. +7(48251)9-18-44; e-mail: info.trk@fncl.ru

Keywords: flax, pathogen, rust, virulence, biotypes, collection samples.

*The flax Institute breeding program for creation of rust-resistant varieties involves studying and monitoring the virulence of *Melampsora lini* (Pers.) Lev population. Observations of population virulence of the flax rust pathogen were carried out in order to search for source material not affected by this pathology. The object of the research was uredo- and telite samples from the "Collection of microorganisms – pathogens of flax diseases", test varieties and collection samples of flax. Control of total field artificial population of *Melampsora lini* (Pers) Lev. was carried out in field (Tver region, North-Western region) and laboratory conditions, using a SUL-1 light installation, using 15 test varieties of flax in accordance with the guidelines of the Flax Institute. Studies conducted over the past 5 years (2018-2022) in connection with the control of the total virulence of the local population of flax rust pathogen showed that there was no sharp change in the virulence of the local (Tver) population of the pathogen. The response of flax rust differentiator varieties during this period revealed a diversity of racial composition in the local population of the pathogen. In 2018-2022, there was a further accumulation of virulent races affecting the resistant varieties Novotorzhskiy (43.3-64.1%), Marilyn (35.0-40.8%), Torzhokskiy 4 (15.3-23.3%) and Escalina (14.4-44.4%). Changes in the reaction to*

rust in resistant varieties Aleksim, Zaryanka, Tomskiy 17 and Priboy are periodically recorded. In 2020 and 2022, biotypes appeared that affected the highly rust-resistant Lenok variety. It is worth paying attention to disappearance of biotypes affecting the highly resistant Alize variety in 2018-2022. Rosinka, Alfa and Tverskoy varieties of All-Russian Flax Research Institute selection, included in the State Register of Breeding Achievements, along with high resistance, also show high stability. Appearance of virulent races and biotypes was not recorded on them, which indicates the absence of new highly virulent isolates in the population. Evaluation of 438 collection samples against infectious backgrounds to rust and Fusarium wilt allowed us to identify 15 genotypes (V51009(8513), m2-2, L-987/07, K-6887*, K-3774*, G-61, etc.) of flax with high group resistance (95.3-100%) to two pathogens, which are promising material for creating new varieties of flax.

Bibliography:

1. Molecular diagnostics and pathogenesis of Fungal Pathogens on Bast Fiber / Chend Yi, Tang Xiaoyu, Gao Chunshed, Lu Lhimin, Chen Jia, Guo Lita, Wang Tuhong, Xu Jianping // *Patagens*. - 2020. - 9(3). - P. 223-242. - DOI: 10.3390/patagens9030223.
2. Pavlova, L. N. Variety importance in increasing yield and quality of fiber flax products / L. N. Pavlova, E. G. Gerasimova, V. N. Rummyantseva // *Scientific support for production of spinning crops: state, problems and prospects : collection of scientific papers based on the materials of scientific and practical conference*. – Tver: Tver State University, 2018. - P. 20-22.
3. Resistance of flax to fungal diseases: achievements and prospects / O. V. Prasolova, L. N. Pavlova, T. A. Rozhmina, N. V. Proletova // *Methods and technologies in plant breeding and crop production: materials of the IV International Scientific -practical conference*. –Kirov, 2018. - P. 296-300.
4. Kudryavtsev, N. A. Resources for improvement of phytosanitary condition of flax crops / N. A. Kudryavtsev, L. A. Zaitseva, Z. K. Kurbanova // *Protection and quarantine of plants*. - 2020. - № 8. - P. 22-26.
5. Krylova, T.V. Methodological recommendations for creating an artificial field population of the rust pathogen / T.V. Krylova, N.I. Loshakova, A.O. Ageeva. – Torzhok: All-Russian Flax Research Institute, 2009. - P. 6.
6. Krylova, T.V. Resistance of fiber flax to rust / T.V. Krylova // *Scientific works of All-Russian Flax Research Institute*. – Torzhok, 2002. – V. 1, issue. 30. - P. 39-44.
7. Kutuzova, S. N. Changes in the population virulence of *Melampsora lini* (Pers) Lev. flax rust pathogen in the conditions of the North-West Russia / T. S. Kutuzova, E. A. Porokhovinova, N. B. Brach // *Ecological Genetics*. - 2015. - Issue. 13(3). - P. 50-61.
8. Kutuzova, S. N. Genetic nature of the resistance of domestic fiber flax varieties to *Melampsora lini* (Pers) Lev rust pathogen / S. N. Kutuzova // *Agricultural biology*. – 2012. - № 5. – P. 70-77.
9. Krylova, T.V. Resistant varieties as the basis for protecting fiber flax from rust / T.V. Krylova // *Modern problems of flax cultivation in the North-West of the Russian Federation: materials of a scientific-practical conference*. – Pskov, 2000. - P. 28-29.
10. New sources of selection-significant traits of flax, adaptive to conditions of the Central non-black soil region / T. A. Rozhmina, A. A. Zhuchenko, N. Yu. Rozhmina, T. S. Kiseleva, E. G. Gerasimova // *Achievements of Science and agro-industrial complex technology*. - 2020. - V. 33, № 8. - P. 24-28.
11. Data on genetic polymorphism of flax *Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Aureobasidium*, *Septoria* and *Melampsora* genera / R. O. Novakovskiy, E. M. 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 // *Data in Brief*. - 2020. - 31. Article number 105710. - DOI: 10.1016/j.dib.2020.105710.
12. Zhuchenko, A. A. Genetic resources and plant selection - the main mechanisms of adaptation in agriculture / A. A. Zhuchenko, T. A. Rozhmina // *Vestnik of Agrarian Science*. - 2019. - № 6(81). - P. 3-8.
13. Rozhmina, T. A. Scientific achievements as the most important resource for flax cultivation revival in Russia / T. A. Rozhmina // *Scientific support for production of spinning crops: status, problems and prospects: collection of scientific works*. – Tver, 2018. - P. 31-34.
14. Economic value of new varieties of fiber flax / L. N. Pavlova, T. A. Rozhmina, E. G. Gerasimova, V. N. Rummyantseva, T. S. Kiseleva // *Collection of scientific papers based on the materials of international scientific and practical conferences*. – Tver, 2018. - P. 18-20.
15. Loshakova, N. I. Guidelines for phytopathological resistance assessment of fiber flax to diseases / N. I. Loshakova, T. V. Krylova, L. P. Kudryavtseva. – Moscow, 2000. - P. 22-26.
16. Loshakova, N. I. Methodological recommendations for creation, storage and practical use of the “Collection of microorganisms - pathogens of flax diseases” / N. I. Loshakova, T. V. Krylova, L. P. Kudryavtseva. – Torzhok, 2006. - 5 p.
17. Kudryavtseva, L. P. Monitoring of virulence of Tver population of flax rust pathogen and resistance of breeding material to it / L. P. Kudryavtseva, L. N. Pavlova, O. V. Prasolova // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. - 2017. - V.31, № 4. - P. 55-57.