

## Значимость «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна» в селекционной работе на устойчивость к фузариозному увяданию и ржавчине

Л. П. Кудрявцева <sup>✉</sup>

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

<sup>✉</sup>E-mail: [info.trk@fncl.ru](mailto:info.trk@fncl.ru)

**Аннотация.** Цель работы – отбор на инфекционном фоне невосприимчивых к фузариозному увяданию и ржавчине генотипов льна для использования их в селекции на устойчивость к данной патологии. В Северо-Западном регионе Тверской области (2019–2022 гг.) были проведены исследования в вегетационных и полевых условиях с использованием искусственно-провокационных фонов возбудителей ржавчины и фузариозного увядания для определения устойчивости льна. В работе использовали коллекционные образцы, селекционный материал льна и штаммы, изоляты возбудителей ржавчины и фузариозного увядания из коллекции патогенов. **Методы.** В закладке лабораторных, вегетационных и полевых опытов использовали методики Института льна. **Результаты.** За четыре года исследований (2019–2022) «Коллекция микроорганизмов – возбудителей основных болезней льна» пополнилась 26 изолятами уредоспор возбудителя ржавчины, 11 из них характеризовались средней реакцией к тест-сортам, 15 – слабовирулентной. Из выделенных 25 изолятов фузариоза к виду *F. oxysporum* принадлежало 68,5 % исследованных биообразцов, 31,5 % штаммов было отнесено к видам рода *Fusarium* – возбудителям фузариозного побурения. Доминирующее положение заняли сильновирулентные штаммы (52,9 %), слабовирулентные биообразцы составили 11,8 %. Из 351 изученного генотипа высокую устойчивость к ржавчине на уровне 92,2–100 % показали 213 образцов и селекционных линий льна-долгунца, а к фузариозному увяданию 100 образцов (28,5 %) имели высокоустойчивую реакцию. Высокую, стабильную групповую устойчивость на уровне 81,5–100 % за годы исследований показали 12 коллекционных образцов и селекционных линий льна: П-281, Л-191, Р-256-02, П-270, П-273, М-358, Diane, М-355, К-6862\*, Дукат, Талер, JVM-6. **Научная новизна.** Многолетняя оценка 351 генотипа с использованием коллекционных биообразцов позволила выявить образцы с групповой устойчивостью к ржавчине и фузариозному увяданию, которые необходимо использовать в селекционных программах.

**Ключевые слова:** лен-долгунец, сорт, устойчивость к болезням, возбудитель

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке Министерства высшего образования и науки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2024-0005).

**Для цитирования:** Кудрявцева Л. П. Значимость «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна» в селекционной работе на устойчивость к фузариозному увяданию и ржавчине // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 01. С. 2–9. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-01-2-9>.

**Дата поступления статьи:** 13.02.2024, **дата рецензирования:** 25.11.2024, **дата принятия:** 29.11.2024.

## The importance of the “Collection of microorganisms – pathogens of flax diseases” in breeding work for resistance to fusarium wilt and rust

L. P. Kudryavtseva<sup>✉</sup>

Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia

<sup>✉</sup>E-mail: [info.trk@fncl.ru](mailto:info.trk@fncl.ru)

**Abstract.** The study and selection of immune flax genotypes against an infectious background to fusarium wilt and rust for their use in breeding for resistance to this pathology is the purpose of our work. In the Northwestern region of the Tver Region (2019–2022), studies were conducted in vegetation and field conditions, using artificially provocative backgrounds of rust pathogens and fusarium wilt to determine the stability of flax. The work used collectible samples, flax breeding material and strains, isolates of rust and fusarium wilt pathogens from the pathogen collection. Methods. Field, vegetation and laboratory experiments were conducted according to the methods of the Flax Institute. Results. During four years of research (2019–2022), the “Collection of microorganisms – pathogens of major flax diseases” was replenished with 26 isolates of uredospores of the rust pathogen. 11 of them were characterized by an average and 15 slightly virulent reaction to test varieties. Of the 25 isolated fusarium isolates, to the type *F. oxysporum* owned 68.5 % of the studied biological samples, 31.5 % of the strains were classified as species of the genus *Fusarium* – causative agents of fusarium browning. The dominant position was occupied by highly virulent strains (52.9 %), weakly virulent biological samples amounted to 11.8 %. Among the studied 351 genotypes, 213 samples and breeding lines of flax showed high resistance to rust at the level of 92.2–100 %, and 100 samples (28.5 %) had a highly resistant reaction to the pathogen to fusarium wilt. 12 collection samples and breeding lines of flax have shown high, stable group stability at the level of 81.5–100 % over the years of research: P-281, L-191, R-256-02, P-270, P-273, M-358, Diane, M-355, K-6862\*, Ducat, Thaler, JVM-6. **Scientific novelty.** A long-term assessment of 351 genotypes using collectible biological samples allowed us to identify samples with group resistance to rust and fusarium wilt that need to be used in breeding programs.

**Keywords:** long-lived flax, variety, disease resistance, pathogen

**Acknowledgements.** The work was carried out with the support of the Ministry of Higher Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Task of the Federal State Budgetary Institution “Federal Scientific Center for Bast Crops” (topic No. FGSS-2024-0005).

**For citation:** Kudryavtseva L. P. The importance of the “Collection of microorganisms – pathogens of flax diseases” in breeding work for resistance to fusarium wilt and rust. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (01): 2–9. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-01-2-9>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 13.02.2024, **date of review:** 25.11.2024, **date of acceptance:** 29.11.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

Лен-долгунец значительно подвержен поражению болезнями. В зоне льноводства России наиболее вредоносными являются ржавчина и фузариозное увядание. Многочисленные исследования биологических особенностей, патогенез, вредоносность возбудителей с момента, когда эти болезни были открыты, дали возможность более эффективно контролировать развитие и распространение ржавчины и фузариозного увядания. Сейчас эпифитотии этих болезней ушли в прошлое, хотя данные возбудители все еще способны развиваться и причинять определенный вред культуре льна. Потери урожая зависят от устойчивости сорта, наличия инфекционного материала, длительности периода с благоприятными погодными условиями, скорости

развития болезни и его продолжительности. При сильном развитии эти 2 патогена экономически значимо снижают урожай льноволокна и качество продукции, вызывают изреженность посевов или их гибель, отрицательно влияют на семенную продуктивность льна [1; 2].

Сильное проявление спермогонияльной, эцидияльной и уредостадий патогена отмечается при среднесуточной температуре воздуха 16–20 °С и периодическом выпадении осадков от 20 до 40 мм. При массовом развитии самой заметной и многочисленной уредостадии гриба льняные поля принимают оранжевый оттенок. В больных растениях происходят нарушения биохимических, биологических процессов. Однако наиболее вредоносной стадией патогена считается телейтостадия. Черные

глянцевые пятна телейтопустул плотно прикрепляются к стеблю. В старину эту болезнь называли черной присухой, или мухоседом. Из-за развития черной присухи происходило снижение качественных показателей льноволокна, особенно в том случае, если лен был поражен комплексной патологией (фузариозом по ржавчине).

При заражении растений *Fusarium oxysporum* Schl. f. *lini* (Bolley) в первую очередь страдает корневая система, происходит закупорка сосудов токсинами возбудителя. Токсические выделения гриба снижают возможность клеток растения удерживать воду, что приводит к увяданию растения, а при сильном развитии болезни – к его гибели. Основным токсином *Fusarium oxysporum* является фузариновая кислота. Симптомы увядания растений находятся в прямой зависимости от концентрации фузариновой кислоты в растении. Устойчивые сорта не создают условий для образования грибом фузариновой кислоты и других токсинов.

На развитие патологического процесса оказывают влияние осадки, относительная влажность воздуха, почвы и температура воздуха. Оптимальной для развития этого возбудителя является температура воздуха 24–25 °С и относительная влажность почвы 60 %. Агротехника как экологический фактор оказывает влияние на пораженность фузариозом, при грамотном ее применении она способствует повышению устойчивости растений, но все-таки не устраняет основную проблему – поражение растений фузариозом и ржавчиной. Только использование в производстве устойчивых сортов спасает лен от недобора урожая или полной его гибели [3–5].

Невосприимчивость к патогенам – необходимый элемент селекционной программы льна-долгунца [6; 7]. Сорта Удалец, Росинка, Атлант, Зарянка и др. селекции Института льна имеют высокие показатели устойчивости к фузариозному увяданию и ржавчине [8; 9].

Постоянная трансформация возбудителей ржавчины и фузариозного увядания и их способности формировать новые биотипы на сортах льна вызывают необходимость мониторинга вирулентности популяций патогенов и постоянной селекционной защиты от болезней [10; 11].

Современный уровень селекционной работы на устойчивость предполагает эффективные, стабильные инфекционно-провокационные фоны с обоснованным составом искусственных популяций, участие всего разнообразия культур возбудителя по свойствам вирулентности и агрессивности. Все в комплексе обеспечивает более объективную оценку и способность выявить наиболее устойчивые формы для выведения сортов льна-долгунца с требуемыми характеристиками по урожайности и качеству льнопродукции, чему способствует созданная в 90-е годы «Коллекция микроорганизмов

– возбудителей болезней льна». Использование банка штаммов и изолятов возбудителей болезней способствует более успешной селекционной работе на устойчивость [12–14].

Оценка, отбор генотипов с устойчивостью к двум болезням с использованием инфекционного материала коллекции было целью наших исследований.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Объектом исследований служили сортообразцы льна культурного *Linum usitatissimum* L., полученные из «Национальной коллекции льна» Федерального научного центра лубяных культур, линии льна-долгунца селекции Института льна, а также коллекция патогенов с известными культурально-морфологическими и вирулентными свойствами. Все исследования проводили по методикам, общепринятым в научно-исследовательских учреждениях для иммунологических, селекционных и фитопатологических работ [15; 16]. В период с 2019 по 2022 годы проводили работу по пополнению «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна» новыми изолятами патогенов. Описание, характеристики культурально-морфологических показателей, свойства вирулентности и поддержание биообразцов возбудителей длительное время представляют основные моменты поддержания коллекции [16].

Ежегодный контроль над вирулентностью и составом искусственной популяции *Melampsora lini* (Pers) Lev. осуществляли в полевых условиях и на светоустановке СУЛ-1 на 15 тест-сортах льна, устойчивых к возбудителю (Алексим, Торжокский 4, Новоторжский, Ленок, Тверской, Альфа, Томский 17, Зарянка, Росинка, Прибой, Мерилин, Антей, Ализе, Эскалина), и восприимчивом сорте Полесский 4, что входит в методику оценки льна к заболеванию [15].

В основу различий видов фузариумов при определении видовой принадлежности положены такие признаки конидий гриба, как форма и размер макро- и микроконидий, количество перегородок, изогнутость, форма верхней клетки макроспор, наличие хламидоспор и др. Вирулентность изолятов возбудителя фузариозного увядания изучали в опытах, заложенных в вегетационных условиях в сосудах Митчерлиха с использованием сортов контрастных по восприимчивости к поражению фузариозным увяданием: А-29 – устойчивый, Белочка – восприимчивый. Инфицирование почвы в сосудах проводили чистой культурой каждого изолята, выращенного на автоклавированных зернах овса, из расчета 45 г в сосуд за 6 дней до посева.

Тестирование 351 генотипа льна по устойчивости к фузариозному увяданию проводили в вегетационных, а к ржавчине – в полевых условиях в период 2019–2022 годов с использованием селективных

инфекционно-провокационных фонов. Используя биообразцы *Fusarium oxysporum f. lini* (Booll.) и биообразцы уредо- и телейтоспор *Melampsora lini* (Pers) Lev. из «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна», создавали искусственные популяции этих патогенов. В соответствии с методикой Института льна закладывали инфекционные питомники [16; 17]. В вегетационных условиях, используя искусственную, синтетическую популяцию возбудителя, состоящая на 45–50 % из средневирулентных биообразцов и на 50–55 % из сильновирулентных штаммов, изучали устойчивость сортов льна-долгунца к фузариозному увяданию. Для развития инфекции возбудителя в почве ее вносили за 10–14 суток до посева. Пораженность образцов учитывали дважды: предварительный – в фазу полных всходов, основной – в период уборки, в ранне-желтую спелость. Площадь питания одного растения составляла 2,5 × 2,5 см. Норма высева семян – 16 штук, повторность опыта трехкратная.

Из провокационных условий для оптимального развития ржавчины использовали разреженный, широкорядный, поздний (в конце мая) посев. Согласно методике Института льна, для заражения генотипов льна использовали телейто- и уредоспоровый биоматериал возбудителя. Телейтоспоровый инфекционный материал раскладывали по всходам восприимчивого образца. Усиления искусственной полевой популяции возбудителя ржавчины достигали за счет уредоспорового материала, опыливая растения смесью уредоспор в период «слочка» – начало быстрого роста. Дважды за вегетационный сезон проводили учеты: предварительный – в период максимального развития уредостадии, основной – перед уборкой, в ранне-желтую спелость – по телейтостадии гриба [17].

Для оценки устойчивости генофонда льна к ржавчине и фузариозному увяданию использовали балловую шкалу оценки по методике Института льна.

Почва под опыты была среднесуглинистой слабокислой со средним содержанием калия 91,5–92,8 мг/кг и высоким содержанием фосфора в почве (269–278 мг/кг). Предшественником для льна служили зерновые культуры.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа с использованием пакетов программ «Биостат» и Excel.

Следует отметить, что погодные факторы в годы исследований были в целом провокационными для видов *Fusarium oxysporum f. lini* и *Melampsora lini*, о чем косвенным образом свидетельствует уровень ГТК от 1,8 до 2,2. Во время вегетационного периода 2019 года складывались благоприятные температурные условия для развития ржавчины, фузариозного увядания. В период посева и всходов льна, температура воздуха достигала 18–21 °С, наряду с

высокой влажностью все это в совокупности является благоприятными условиями для развития инфекции. Вегетационный период 2020 года характеризовался повышенным количеством осадков при средней температуре воздуха 18,7–22,4 °С, что способствовало развитию инфекции патогенов. Однако 2021 год был засушливым, с высокой температурой воздуха (27–30 °С) продолжительное время (июнь, июль), что значительно снижало интенсивность развития ржавчины в полевом питомнике. 2022 год был оптимальным для развития как уредо- и телейтостадии возбудителя ржавчины, так и возбудителя фузариозного увядания. Степень поражения индикаторных тест-стандартов в годы исследований составила 65,9–83,2 % (к ржавчине – сорт Полесский 4, к фузариозному увяданию – образец AP<sub>5</sub>).

### Результаты (Results)

Коллекция вредных микроорганизмов, паразитирующих на льне, является единственной специализированной коллекцией в Европе и предназначена для решения различных проблем в селекции льна. «Коллекция микроорганизмов – возбудителей болезней льна» насчитывает более 1300 биообразцов и постоянно пополняется новыми штаммами и изолятами грибных патогенов.

Для полноты информации о биообразцах коллекции предусматривается проведение исследовательской работы по идентификации возбудителей, изучению культурально-морфологических и вирулентных свойств. Изучена вирулентность популяций возбудителей ржавчины, фузариоза. Основная часть коллекции представлена биообразцами с сильной и средней вирулентностью, имеются и авирулентные штаммы, что позволяет создавать любую искусственную популяцию возбудителя. Более 450 единиц хранения насчитывает коллекция штаммов возбудителей фузариоза. Род *Fusarium* представлен в коллекции 8 видами: *F. oxysporum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. gibbosum*, *F. semitectum*, *F. moniliforme*, *F. solani*, *F. sporotrichiella*, различающимися по происхождению, культурально-морфологическим свойствам и вирулентности.

Эффективность инфекционного фона к фузариозному увяданию во многом зависит от вирулентности популяции патогена. Селекционный процесс льна-долгунца по признаку устойчивости к фузариозному увяданию ведется в Институте льна на искусственном фоне с использованием популяции возбудителя, состоящей на 50,0–55,0 % из сильновирулентных и 45,0–50,0 % – из средневирулентных штаммов.

В 2019–2022 годах из растений и семян долгунцового и масличного льна было выделено 25 изолятов фузариоза. К виду *F. oxysporum* принадлежало 68,5 % исследованных биообразцов. Остальные штаммы (31,5 %) были отнесены к видам рода *Fusarium* – возбудителям фузариозного побурения.

Изучение вирулентности 17 штаммов фузариозного увядания показало, что в 2019 и 2021 годах доминирующее положение занимали высоковирулентные биообразцы (75,0 %), пораженность этими штаммами восприимчивого тест-сорта Белочка была на уровне 68,7–78,9 %. Средневирулентные в 2019 г. составили 24,3 %, а в 2021 г. – 15,0 %. Три изолята в 2020 году показали средневосприимчивую реакцию, два биообразца – восприимчивую реакцию. В 2022 году из 4 изученных изолятов 3 биообразца были отнесены к средневирулентным штаммам, тест-сорт Белочка поражен на уровне 38,2–27,6 %. Один биообразец отнесен к сильновирулентным штаммам.

Жизнеспособный качественный инфекционный материал (уредо- и телеспоровый) возбудителя ржавчины – залог дальнейшего развития инфекции в полевом питомнике. В настоящее время в селекционных, производственных посевах отсутствует естественная инфекция, что создает необходимость обратить особое внимание на сохранение инфекции *Melampsora lini* (Pers) Lev. в искусственных условиях. В связи с этим собраны, размножены и поддерживаются в жизнеспособном состоянии уредо- и телейтоспоровые биообразцы, входящие наряду с другими патогенами в банк биообразцов. Коллекционные биообразцы уредо- и телейтоспор *Melampsora lini* составляют 110 единиц хранения, харак-

теризующихся средней и слабой вирулентностью, высоковирулентные биообразцы отсутствуют [14].

В 2019–2022 годах проводили работу по пополнению и изучению вирулентности коллекционных биообразцов уредоспор возбудителя. За годы исследований «Коллекция микроорганизмов – возбудителей болезней льна» пополнилась 26 биообразцами уредоспор возбудителя ржавчины. Собранные биообразцы уредоспор с различных по восприимчивости к болезни сортов в летнее время в полевом инфекционно-провокационном питомнике исследовали на вирулентность в лабораторных условиях. В 2019 году из выделенных 15 изолятов 5 биообразцов были со средней вирулентностью, 10 изолятов показали слабовирулентную реакцию. Три изолята показали слабовирулентную реакцию в 2020 году. Исследования в 2021 году, проведенные на светоустановке, выявили, что все 4 изолята возбудителя ржавчины характеризовались на сортах-дифференциаторах средней вирулентностью: пораженность составила 50,8–58,8 %. Коллекционные биообразцы уредоспор *Melampsora lini* в 2022 году характеризовались на сортах-дифференциаторах слабой (2 изолята) и средней вирулентностью (2 изолята): пораженность составила 25,4–58,8 %. Таким образом, из 26 изолятов (2019–2022) средней вирулентностью характеризовались 11, а 15 изолятов были слабовирулентны.

Таблица 1  
Структура генотипов льна по устойчивости к болезням

Год	Всего образцов	Высокоустойчивых, шт.		Устойчивых, шт.		Среднеустойчивых, шт.		Восприимчивых, шт.	
		Фузариоз	Ржавчина	Фузариоз	Ржавчина	Фузариоз	Ржавчина	Фузариоз	Ржавчина
2019	69	13	35	8	26	22	8	26	5
2020	92	29	55	7	29	17	7	39	0
2021	92	20	81	16	11	25	0	31	1
2022	98	38	42	23	31	21	13	16	12
Итого	351	100	213	54	97	85	28	112	13

Table 1  
Structure of flax genotypes for resistance to diseases

Year	Total samples	Highly resistant, pcs.		Resistant, pcs.		Medium-resistant, pcs.		Susceptible, pcs.	
		<i>Fusarium</i>	<i>Rust</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Rust</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Rust</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Rust</i>
2019	69	13	35	8	26	22	8	26	5
2020	92	29	55	7	29	17	7	39	0
2021	92	20	81	16	11	25	0	31	1
2022	98	38	42	23	31	21	13	16	12
Total	351	100	213	54	97	85	28	112	13

Таблица 2

Устойчивость к болезням коллекционных образцов льна (средние данные, 2019–2022 гг.)

Коллекционный образец, селекционная линия	Устойчивость, %	
	Ржавчина	Фузариозное увядание
П-281	94,8	87,5
М-358	100	100
П-273	96,7	91,7
П-270	95,0	100
М-355	98,7	100
Р-256-02	93,6	100
Л-191	95,4	100
К-6862*	81,6	97,4
Diane	95,0	91,1
JVM-6	100	86,7
Dukat	93,5	100
Taler	90,8	100
HCP <sub>05</sub>	6,8	5,2
<b>Стандарты</b>		
Альфа	98,8	85,9
Полесский 4	46,5	–
AP <sub>5</sub>	–	38,8

Таким образом, в годы исследований искусственные популяции патогенов имели разнообразный вирулентный состав, что позволило полноценно оценить коллекционные образцы и селекционный материал льна на устойчивость к фузариозному увяданию и ржавчине.

Скрининг 351 коллекционного образца и селекционного материала льна в 2019–2022 годах на устойчивость к ржавчине и фузариозному увяданию показал наличие как устойчивых образцов, так и восприимчивых (таблица 1). Восприимчивый к ржавчине тест-сорт Полесский 4 поражался на уровне 52,8–58,5 %. Высокая устойчивость к ржавчине (92,2–100 %) выявлена у 213 генотипов льна, 4,1 % проявили восприимчивую реакцию к возбудителю.

Тест-образец AP<sub>5</sub> по восприимчивости к фузариозному увяданию поражался на 64,2–75,0 % в годы исследований. Среди изученного материала к фузариозному увяданию на искусственном провокационном фоне 100 образцов (28,5 %) имели высокоустойчивую реакцию к патогену на уровне 89,5–100 %. 112 образцов были восприимчивы на уровне 25,0–45,0 %. Среднеустойчивых к ржавчине было 13 образцов (8,0 %), а к фузариозному увяданию – 85 образцов (таблица 1). Высокой, стабильной групповой устойчивостью в пределах 81,5–100 % за годы исследований обладали 15 коллекционных образцов и селекционных линий льна (П-278, К-1684\*, П-281, Л-191, Р-256-02, П-270, П-273, М-358, Z-95198, Diane, М-355, К-6862\*, Дукат, Талер, JVM-6) (таблица 2).

Table 2

Resistance to diseases of collection flax samples (average data, 2019–2022)

Collection sample, breeding line	Stability, %	
	Rust	Fusarium wilt
P-281	94.8	87.5
M-358	100	100
P-273	96.7	91.7
P-270	95.0	100
M-355	98.7	100
R-256-02	93.6	100
L-191	95.4	100
K-6862*	81.6	97.4
Diane	95.0	91.1
JVM-6	100	86.7
Dukat	93.5	100
Taler	90.8	100
LSD <sub>05</sub>	6.8	5.2
<b>Standards</b>		
Al'fa	98.8	85.9
Poleskiy 4	46.5	–
AP <sub>5</sub>	–	38.8

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Ввиду того что в природных условиях сильное проявление ржавчины и фузариозного увядания льна отмечается не ежегодно, что не позволяет полноценно изучить селекционный и коллекционный материал, это удлиняет селекционный процесс. Единственный верный путь – использование синтетических популяций возбудителей болезни. Качественный искусственный инфекционный биоматериал дает возможность вести целенаправленный подбор исходного материала на болезнеустойчивость, что сокращает сроки выведения устойчивых сортов.

Скрининг 351 коллекционного образца и селекционной линии льна-долгунца по устойчивости к фузариозному увяданию и ржавчине в сравнении с показателями устойчивости тест-сортов выявил 60,7 % образцов, показавших высокую устойчивость к ржавчине и 28,5 % к фузариозному увяданию. Эти образцы и селекционные линии можно рекомендовать в качестве родительских компонентов для селекции на болезнеустойчивость. 12 генотипов, показавшие стабильную групповую устойчивость к фузариозному увяданию и ржавчине, являются наиболее ценным исходным материалом для селекционных программ. Выявление устойчивых форм к наиболее вредоносным болезням имеет стратегическое значение в условиях современного льноводства. Создание новых сортов с групповой устойчивостью снизит потенциал инфекции в природе, улучшит фитосанитарное состояние посевов, сократит защитные химические мероприятия при производстве льнопродукции.

## Библиографический список

1. Рожмина Т. А., Мясникова А. В. Идентификация генов устойчивости к фузариозному увяданию у образцов льна масличного с различным жирнокислотным составом // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24 (6). С. 980–988. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.6.980-988.
2. 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.
3. Нехведович С. И. Патогенный комплекс грибов, паразитирующих на льне масличном // Сборник материалов Международной конференции молодых ученых. Минск, 2018. С. 159–175.
4. Stafęcka 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.
5. Cheng Y., Tang X., Gao C., Li Z., Chen J., Guo L., Wang T., Xu J. Molecular diagnostics and pathogenesis of Fungal Pathogens on Bast Fiber Crops // Pathogens. 2020. No. 9 (3). Pp. 223–242. DOI: 10.3390/pathogens9030223.
6. Рожмина Т. А., Пролетова Н. В., Ущеповский И. В. Изучение контроля устойчивости к фузариозному увяданию (*Fusarium oxysporum f. lini*) на начальных этапах селекционного процесса льна-долгунца // Кормопроизводство. 2022. № 9. С. 22–26. DOI: 10.25685/KRM.2022.67.17.002.
7. Novakovskiy R. O., Dvorianinov E. M., Rozhmina T. A., Pushkova E. N., Povkhova L. V., Snezhkina A. V., Krasnov G. S., Kudryavtseva A. V., Melnikova N. V., Dmitriev A. A., Gryzunov A. A. Data on genetic polymorphism of flax *Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Aureobasidium*, *Septoria* and *Melampsora* genera // Data in Brief. 2020. Article number 105710. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105710.
8. 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.
9. Степин А. Д., Рысев М. Н., Рысева Т. А., Лисицкая 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. Novakovskiy R., Pushkova E., Rozhmina T., Kudryavtseva L., Krasnov G., Dmitriev A., Melnikova N. Genetic diversity of *Linum usitatissimum* L. pathogens // FEBS Open Bio. 2019. Vol. 9, № S1. P. 310.
11. 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.
12. Kutuzova S. N., Porokhovinova E. A., Bruch N. B., Pavlov A. V. Localization of rust resistance genes in old local Russian flaxes by methods of classical genetics // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. № 23 (6). Pp. 650–655. DOI: 10.18699/vj19.537.
13. Kanarin A., Samsonova A., Bankin M., et al. The genome sequence of five highly pathogenic isolates of *Fusarium oxysporum f. sp. lini* // Molecular Plant-Microbe Interaction. 2020. Vol. 33, No. 9. Pp. 1112–1115.
14. Кудрявцева Л. П. Вирулентность местной популяции возбудителя ржавчины и устойчивость к ней коллекционного материала // Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии. 2023. № 3 (63). С. 63–68. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-3-63-63-68.
15. Лошакова Н. И., Крылова Т. В., Кудрявцева Л. П. Методические рекомендации по созданию, поддержанию, хранению и практическому использованию «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна». Торжок: Торжокская типография, 2006. 12 с.
16. Крылова Т. В., Лошакова Н. И., Агеева А. О. Методические рекомендации по созданию искусственной полевой популяции возбудителя ржавчины. Торжок: Торжокская типография, 2009. 11 с.
17. Лошакова Н. И., Крылова Т. В., Кудрявцева Л. П. Методические указания по фитопатологической оценке устойчивости льна-долгунца к болезням. Москва: Типография Россельхозакадемии, 2006. 52 с.

## Об авторе

**Людмила Платоновна Кудрявцева**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия; ORCID 0000-0001-8425-6502, AuthorID 770951. E-mail: info.trk@fncl.k.ru

## References

1. Rozhmina T. A., Myasnikova A. V. Identification of resistance genes to *Fusarium* wilt in oil flax samples with different fatty acid composition. Agricultural Science Euro-North-East. 2023; 24 (6): 980–988. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.6.980-988. (In Russ.)
2. Kosykh L. A. Oilseed flax – culture of food use (review). Agricultural Science. 2021; 10: 56–59. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-353-10-56-59. (In Russ.)

3. Nekhvedovich S. I. Pathogenic complex of fungi parasitizing oilseed flax. In: *Collection of materials of the International conference of young scientists*. Minsk, 2018. Pp. 159–175. (In Russ.)
4. Stafecka I., Grauda D., Stramkale S., The evolution of disease resistance of flax genotypes in relation to environmental factors. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2019; 106 (4): 367–375. DOI: 10.13080/z-a.2019.106.047.
5. Cheng Y., Tang X., Gao C., Li Z., Chen J., Guo L., Wang T., Xu J. Molecular diagnostics and pathogenesis of Fungal Pathogens on Bast Fiber Crops. *Pathogens*. 2020; 9 (3): 223–242. DOI: 10.3390/pathogens9030223.
6. Rozhmina T. A., Proletova N. V., Shchapovskiy I. V. Studying the control of resistance to fusarium withering (*Fusarium oxysporum* f. lini) at the initial stages of the selection process of flax. *Kormoproizvodstvo*. 2022; 9: 22–26. DOI: 10.25685/KRM.2022.67.17.002. (In Russ.)
7. Novakovskiy R. O., Dvorianinov E. M., Rozhmina T. A., Pushkova E. N., Povkhova L. V., Snezhkina A. V., Krasnov G. S., Kudryavtseva A. V., Melnikova N. V., Dmitriev A. A., Gryzunov A. A. 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. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105710.
8. Zhuchenko A. A., Rozhmina T. A. Genetic resources and plant breeding – the main mechanisms of adaptation in agriculture. *Bulletin of Agrarian Science*. 2019; 6 (81): 3–8. (In Russ.)
9. Stepin A. D., Rysev M. N., Ryseva T. A., Lisitskaya T. D. Evaluation of collection samples of flax by flax fiber yield and adaptability parameters in the conditions of the North-West of the Russian Federation. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022; 23 (1): 54–68. (In Russ.)
10. Novakovskiy R.O., Rozhmina T. A., Pushkova E. N., et al. Genetic diversity of *Linum usitatissimum* L. pathogens. *FEBS Open Bio*. 2019; 9 (51): 310.
11. Kutuzova S. N., Porokhvinova E. A., Brach N. B., Pavlov A. V. The world gene pool of long-lived flax VIR and the selection of rust-resistant varieties. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020; 181 (2): 57–64. (In Russ.)
12. Kutuzova S. N., Porokhvinova E. A., Bruch N. B., Pavlov A. V. Localization of rust resistance genes in old local Russian flaxes by methods of classical genetics. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019; 23 (6): 650–655. DOI: 10.18699/vj19.537.
13. Kanapin A., Samsonova A., Bankin M., et al. The genome sequence of five highly pathogenic isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. lini. *Molecular Plant-Microbe interAction*. 2020; 33 (9): 1112–1115.
14. Kudryavtseva L. P. Virulence of the local population of the rust pathogen and resistance to it of the collection material. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2023; 3 (63): 63–68. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-3-63-63-68. (In Russ.)
15. Loshakova N. I., Krylova T. V., Kudryavtseva L. P. *Methodological recommendations for the creation, maintenance, storage and practical use of the “Collection of microorganisms – pathogens of flax diseases”*. Torzhok: Torzhok Printing House, 2006. 12 p. (In Russ.)
16. Krylova T. V., Loshakova N. I., Ageeva A. O. *Methodological recommendations for the creation of an artificial field population of the rust pathogen*. Torzhok: Torzhok Printing House, 2009. 11 p. (In Russ.)
17. Loshakova N. I., Krylova T. V., Kudryavtseva L. P. *Methodological guidelines for the phytopathological assessment of the resistance of flax to diseases*. Moscow: Printing House of the Russian Agricultural Academy, 2006. 52 p. (In Russ.)

#### **Author's information:**

**Lyudmila P. Kudryavtseva**, candidate of agricultural sciences, senior researcher, leading researcher at the laboratory of breeding technologies, Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia; ORCID 0000-0001-8425-6502, AuthorID 770951. E-mail: info.trk@fncl.ru