

**СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ / PLANT BREEDING, SEED PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY**

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.8>

**ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕСТИНГ *LINUM USITATISSIMUM* L. В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ**

Научная статья

**Королев К.П.<sup>1,\*</sup>, Боме Н.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0001-9593-3493;

<sup>1,2</sup> Тюменский государственный университет, Тюмень, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (corolev.konstantin2016[at]yandex.ru)

**Аннотация**

В статье отражены результаты полевого скрининга коллекционных образцов льна-долгунца по ответной реакции к возбудителям болезней в условиях Нижнетавдинского района Тюменской области. На основании многолетней (2017-2020 гг.) оценки установлено, что образцы были подвержены поражению фузариозным увяданием, септориозом, бактериозом. Выявлено, что образцы были устойчивы (группа I) к возбудителям септориоза (R=4,1-17,8%) и бактериоза (R=2,5-19,4%). Восприимчивостью к фузариозу (R=21,2-30,9%, группа II) характеризовались 61,6% образцов льна, устойчивостью (R=8,1-19,6%, группа I) – 38,4% из изученных генотипов. Наибольшую ценность для практической селекции имеют 23 образца с комплексной устойчивостью к воздействию фитопатогенов, рекомендуемые в качестве исходного материала.

**Ключевые слова:** лен-долгунец, образец, фитопатогены, вредоносность, устойчивость, восприимчивость.

**PHYTOPATHOLOGICAL TESTING OF *LINUM USITATISSIMUM* L. IN THE NORTHERN TRANS-URAL**

Research article

**Korolev K.P.<sup>1,\*</sup>, Bome N.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0001-9593-3493;

<sup>1,2</sup> University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

\* Corresponding author (corolev.konstantin2016[at]yandex.ru)

**Abstract**

The article presents the results of pre-laboratory screening of collectible samples of linen flax on the response to pathogens in the Nizhnetavdinsky district of the Tyumen region. Based on the long-term (2017-2020) evaluation, it was found that the samples were affected by fusarial wilt, septoriose, bacteriosis. The samples were found to be resistant (group I) to the causative agents of septoriose (R=4,1-17,8%) and bacteriosis (R=2,5-19,4%). Susceptibility to fusariosis (R=21.2-30.9%, group II) was reported to be 61.6% of flax samples, susceptibility (R=8.1-19.6%, group I) - 38.4% of studied genotypes. The 23 samples with complex resistance to phytopathogens recommended as reference material are of great value for practical selection.

**Keywords:** linen flax, sample, phytopathogens, harmfulness, resistance, susceptibility.

**Введение**

Лен-долгунец является важнейшим прядильным растением с высоким агробиологическим потенциалом, на формирование которого могут оказывать влияние факторы окружающей среды [16, С.14-17]. Получение растительного сырья высокого качества ограничивается развитием болезней льна, в связи с чем, актуальным становится выявление генетического контроля признаков [6, С.391-401], [15, С.47-49], поиск источников устойчивости к фитопатогенам [9, С. 172-178]. Учитывая, что заболевания наносят значительный ущерб, знание особенностей биологии возбудителей, закономерностей их развития и патологического действия составляет научный фундамент защиты растений [2, С. 1-552].

Фузариозное увядание (возбудитель – гриб *Fusarium oxysporum lini* Boll) может встречаться на протяжении всего онтогенеза. Первые случаи поражения растений льна фузариозом отмечены в 1890 г. в Миннесоте (США) [1, С. 1-52] и в этот же период на Дальнем Востоке России. Степень проявления болезни зависит от физиологического состояния растений, активности возбудителя. Симптомами заболевания являются увядание растений, потемнение и разрушение корней [7, С. 1-583], анатомический анализ стебля выявляет побурение сосудистой системы, ввиду присутствия ферментов и токсинов фитопатогена [4, С.157-194].

Септориоз льна (возбудитель – несовершенный гриб *Septoria linicola* (Speg) Grass) начинает проявляться уже в период от всходов до фазы «елочка» в виде коричневых пятен на листьях, впоследствии светлеющих, а затем засыхающих и отмирающих. Сильное развитие болезни может приводить к преждевременному отмиранию растений [5, С.37-38]. Возбудитель септориоза был изолирован и описан в Аргентине (1911 г.), при этом, в СССР первые случаи выявлены на Дальнем Востоке (1930 г.) [7, С.1-583].

При поражении растений льна бактериозом (возбудители – *Bacillus (Glostridium) macerans* Schard., *B. polymyxa* Brisi, *B. mesentericusvulgatus* Flugge, *B. herbicola* Bur., *B. solanacearum* E. F. Sm), снижается всхожесть семян, наблюдаются симптомы загнивания и отмирания точки роста и корней, прекращается рост стебля. Отсутствие информации по реакции льна-долгунца на воздействие различных патогенов в условиях Северного Зауралья определило необходимость проведения данных исследований.

## Методы и принципы исследования

Полевые исследования выполнены в 2017-2020 гг. на опытном полигоне изучения генетического разнообразия культурных растений биостанции «Озеро Кучак» Тюменского государственного университета (Нижнетавдинский район, Тюменская область). Объект исследования – 60 коллекционных образцов льна-долгунца. Почва окультуренная дерново-подзолистая супесчаная с содержанием гумуса (3,6%), подвижных форм фосфора (3434 мг/кг), обменного калия (234 мг/кг). Учетная площадь деланки – 1м<sup>2</sup>. Повторность опыта – трехкратная. Размещение деланок – рандомизированное.

Метеорологические условия различались, как по количеству выпавших осадков, так и по среднесуточной температуре воздуха в период вегетации растений льна-долгунца. На основании расчета гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова, 2017 г. и 2019 г. можно характеризовать как влажные (1,5-1,6), 2018 г. и 2020 г. – слабо засушливые (1,2-1,3).

Степень развития болезни (R, %) рассчитывали по шкале М.Д. Драховской, представленной в методических указаниях [8, С.1-52], согласно которой проводили распределение образцов на группы: устойчивые (<20,0%); слабОВОСПРИИМЧИВЫЕ (20,0-30,0%); средневосприимчивые (30,0-50,0%); сильновосприимчивые (>50,0%).

Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли по методике, изложенной Б.А. Доспеховым [3, С.1-351]. Достоверность различий между образцами оценивали с использованием t-критерия Стьюдента.

## Основные результаты

В ходе проведения полевых исследований на растениях льна были отмечены признаки поражения фузариозным увяданием, септориозом, бактериозом (рисунок). Средняя степень развития выявленных болезней за 2017-2020 гг. составила 12,4%. Наибольшей вредоносностью характеризовался фузариоз, первые симптомы которого отмечали уже в фенологическую фазу «елочка».

Благоприятные условия в период вегетации (температура воздуха выше 14,0<sup>0</sup>С, регулярное выпадение обильных осадков), способствовали максимальному развитию фузариоза в 2017 г. (R=27,3±3,14%) и 2019 г. (R=25,2±5,09%). Более высокий уровень развития фузариоза (R=20,8±1,15%) по сравнению с другими фитопатогенами, в годы исследования, требует тщательного подбора устойчивых сортов, а также проведение своевременного фитосанитарного мониторинга посевов льна в данном регионе.

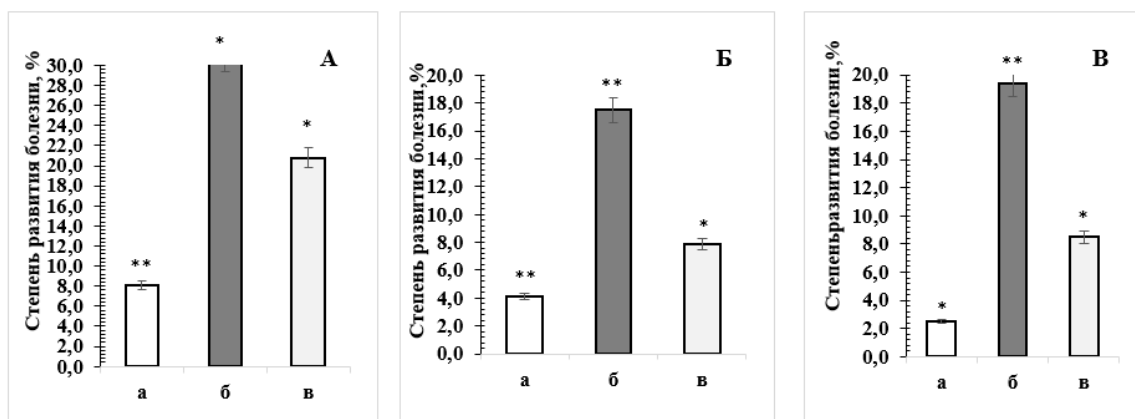


Рисунок 1 - Минимальное (а), максимальное (б), среднее арифметическое значение признака (в) по показателю «степень развития болезни, R, %» у образцов льна-долгунца: А – растения, с поражением фузариозным увяданием; Б – септориозом; В – бактериозом; фенологическая фаза: ранняя желтая спелость, среднее, 2017-2020 гг.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.8.1>

Примечание: различия достоверны при  $p > 0,05$  (\*);  $p > 0,01$  (\*\*)

В среднем за годы исследований к фузариозному увяданию 23 образца были устойчивыми (группа I, R <20,0%) и 37 – восприимчивыми (группа II, R >20,0%). При этом, в первой группе выделились образцы Антей, Печерский кряж, С-108, Drakkar, Томич, Восход, которые имеют наибольшую практическую ценность для селекции на устойчивость к болезням.

Степень развития септориоза, за годы изучения, была низкой и составила 8,1±0,22%. Максимальный уровень поражения растений возбудителем болезни зафиксирован в 2018 г., минимальный – в 2020 г. Все изученные образцы были отнесены к устойчивым (R=4,1±0,10-16,2±1,10%), выявлены генотипы со слабой восприимчивостью к болезни при сравнении со средним популяционным значением (Drakkar, Львовский-7, Engelum 51 УП, Urite-2, Томский – 17, Ottawa 770 В See, Colchagui M.A.g., Томский – 16, Svalof, Теха, Памяти Крепкова, Маяк, Suzanne, Импульс, Квартет, ТОСТ).

По устойчивости к бактериозу образцы льна-долгунца были отнесены в группу I; степень развития болезни у 50,0 % образцов была ниже среднего популяционного значения, 43,4% – выше, у 6,6% образцов достоверных различий не обнаружено. В 2020 году был выявлен наибольший уровень развития бактериоза (R=12,1±0,92%). Из наиболее

устойчивых необходимо выделить 36.3.-4, Suzanne, Импульс 4.911-4.-1.8, Ярок, Львовский 7, Colchagui M.A.g., Антей, Marylin.

На основании полученных данных выявлены источники устойчивости к болезням льна-долгунца в условиях Тюменской области (таблица). Комплексная устойчивость к возбудителям фузариозного увядания, септориоза и бактериоза установлена у 38,3% образцов: Томич, Svalof, Drakkar, Маяк, Орион, Томский -16, Грант, Антей, 403-4, Мара, Глнум, Квартет, Восход, Рубин, Ива, Лидер, ТОСТ, Смолич, Прибой, Marylin, Добрыня, Ярок, Русич.

Таблица 1 - Образцы льна-долгунца, рекомендуемые в качестве источников устойчивости к фитопатогенам, среднее 2017-2020 гг.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.8.2>

Заболевание	Степень развития, %		Образцы
	а	б	
Фузариозное увядание (n=6)	20,8±1,15	7,2±0,39	Антей, Печерский кряж, С-108, Drakkar, Томич, Восход
Септориоз (n=16)	8,1±0,22	5,5±0,30	Drakkar, Львовский-7, Engelum 51 УП, Upite-2, Томский – 17, Ottava 770 В See, Colchagui M.A.g., Томский – 16, Svalof, Теха, Памяти Крепкова, Маяк, Suzanne, Импульс, Квартет, ТОСТ
Бактериоз (n=9)	8,5±0,10	5,1±0,55	36.3.-4, Suzanne, Импульс 4.911-4.-1.8, Ярок, Львовский 7, Colchagui M.A.g., Антей, Marylin

*Примечание: среднее значение показателя по всей коллекции (а), по представленной группе образцов (б) льна-долгунца*

Следует отметить, что на развитие болезней, восприимчивость сортов льна, может оказывать ряд факторов. Известно, что использование семян с признаками различного типа повреждения, способствуют активной деятельности фитопатогенов в период прорастания и появления всходов [1, С. 1-52], [12, С.1-25]. При этом, немаловажная роль отводится аддитивным и неаддитивным эффектам в генетике устойчивости сорта [13, С. 1-37], но также велика изменчивость рас патогенов в зависимости от географического региона [14, С. 893-901].

### **Заключение**

Использование устойчивых сортов является одним из способов снижения развития болезней растений льна [4, С. 157-194]. На основе полевой оценки коллекционных образцов льна-долгунца в условиях Тюменской области, установлены неоднозначные ответные реакции генотипов на воздействие патогенов. Установлено, что на степень развития заболевания оказывали влияние как условия окружающей среды в течение вегетационного периода (температура воздуха, количество осадков), так и генетические особенности сортовой устойчивости. Восприимчивость к фузариозному увяданию была выше, чем к септориозу и бактериозу. Выделены перспективные образцы устойчивости к фузариозному увяданию (6 шт.), септориозу (16 шт.), бактериозу (9 шт.), которые можно рекомендовать в качестве источников исходного материала для селекции.

**Финансирование**

Государственное задание Министерства науки и высшего образования РФ № FEWZ-2021-0007 «Адаптивная способность сельскохозяйственных растений в экстремальных условиях Северного Зауралья».

**Благодарности**

Авторы выражают благодарности за помощь и поддержку в выполнении данной работы

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Рецензия**

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

**Funding**

State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. FEWZ-2021-0007 "Adaptive ability of agricultural plants in the extreme conditions of the Northern Trans-Urals".

**Acknowledgement**

The authors express gratitude for the help and support in carrying out this work

**Conflict of Interest**

None declared.

**Review**

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

**Список литературы / References**

1. Growing flax, production, management and diagnostic guide // Flax council of Canada. – Winnipeg : Manitoba, 1996. – 52 p.
- 2.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – Москва : Агропромиздат, 1985 – 351 с.
4. Hall L.M. Flax (*Linum usitatissimum* L.). / L.M. Hall, H. Booker, R.M.P. Siloto et al. // Industrial oil crops. American Oil Chemists' Society Press. – 2016. – P. 157-194.
5. Курчакова Л.Н. Влияние пасмо на качество волокна / Л.Н. Курчакова, Т.А. Кудряшова // Защита и карантин растений. – 2007. – № 9. – С. 37-38.
6. Lin Y. Genetic diversity and structure of the *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* populations on linseed (*Linum usitatissimum* L.) in China / Y. Lin, M. Na, L. Shanshan et al. // Phytoparasitica. – 2013. – № 41. – P. 391-401. – DOI: 10.1007/s12600-013-0300-6.
7. Льноводство / Отв. ред. А. Р. Рогаш. – Москва : Колос. – 1967. – 583 с.
8. Лошакова Н.И. Методические указания по фитопатологической оценке устойчивости льна-долгунца к болезням / Н.И. Лошакова, Т.В. Крылова, Л.П. Кудрявцева. – Торжок, 2000. – 52 с.
9. Лошакова Н.И. Роль «Коллекции фитопатогенных микроорганизмов – возбудителей болезней льна» в селекции льна на групповую устойчивость к болезням / Н.И. Лошакова, Л.П. Кудрявцева, Л.Н. Павлова и др. // Масличные культуры. – 2014. – № 2(159-160). – С.172-178.
10. Kumar N. Inheritance of gene conferring resistance to wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lini*) disease of linseed (*Linum usitatissimum* L.) in North West Himalayas / N. Kumar, S. Paul, A. Kumar et al. // Electronic Journal of Plant Breeding. – 2015. – № 6(4). – P. 1108–1110.
11. Luggar O. A treatise of flax culture / O. Luggar // Minnesota Experiment Station Bulletin. 1890. – № 13. – 38 p.
12. Nair P.N. The establishment and growth of *Fusarium lini* in the flax tissues / P.N. Nair, T. Kommedahl // Phytopathology. – 1957. – № 47. – P. 25.
13. Popescu F. Researches concerning the heridity of resistance to *Fusarium* wilt in flax / F. Popescu // (Cercetari privindereditatea rezistentei la fuzarioza a inului deulei) Probleme de Genetica Theoretica si aplicata. – 1995. – № 17. – P. 37.
14. Rashid K. Y. Effect of trifluralin on *Fusarium* wilt in flax / K. Y. Rashid, E.O. Kenaschuk // Canadian Journal of Plant Science. – 1993. – № 73. – P. 893-901.
15. Рожмина Т.А. Селекционно-ценные гены устойчивости к фузариозному увяданию у льна / Т.А. Рожмина // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 12. – С. 47-49.
16. Тихвинский С.Ф. Оценка устойчивости генотипов сортов льна к неблагоприятным факторам среды / С.Ф. Тихвинский, А.Н. Дудина, С.В. Доронин и др. // Вестник ВНИИМК. – 2005. – № 2. – С. 14-17.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Growing flax, production, management and diagnostic guide // Flax council of Canada. – Winnipeg : Manitoba, 1996. – 52 p.
- 2.
3. Dospheov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)] / B.A. Dospheov. – Moscow : Agropromizdat, 1985 – 351 p. [in Russian]
4. Hall L.M. Flax (*Linum usitatissimum* L.). / L.M. Hall, H. Booker, R.M.P. Siloto et al. // Industrial oil crops. American Oil Chemists' Society Press. – 2016. – P. 157-194.
5. Kurchakova L.N. Vlijanie pasmo na kachestvo volokna [Influence of skein on fiber quality] / L.N. Kurchakova, T.A. Kudrjashova // Zashhita i karantin rastenij [Protection and quarantine of plants]. – 2007. – № 9. – P. 37-38. [in Russian]
6. Lin Y. Genetic diversity and structure of the *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* populations on linseed (*Linum usitatissimum* L.) in China / Y. Lin, M. Na, L. Shanshan et al. // Phytoparasitica. – 2013. – № 41. – P. 391-401. – DOI: 10.1007/s12600-013-0300-6.

7. L'novodstvo [Flax growing] / Ed. by A. R. Rogash. – Moscow : Kolos. – 1967. – 583 p. [in Russian]
8. Loshakova N.I. Metodicheskie ukazaniya po fitopatologicheskoj ocenke ustojchivosti l'na-dolgunca k boleznjam [Guidelines for phytopathological assessment of the resistance of fiber flax to diseases] / N.I. Loshakova, T.V. Krylova, L.P. Kudrjavceva. – Torzhok, 2000. – 52 p. [in Russian]
9. Loshakova N.I. Rol' «Kollekcii fitopatogennyh mikroorganizmov – vzbuditelej boleznej l'na» v selekcii l'na na gruppovuju ustojchivost' k boleznjam [The role of the «Collection of phytopathogenic microorganisms - causative agents of flax diseases» in flax breeding for group resistance to diseases] / N.I. Loshakova, L.P. Kudrjavceva, L.N. Pavlova et al. // Maslichnye kul'tury [Oilseeds]. – 2014. – № 2(159-160). – P.172-178. [in Russian]
10. Kumar N. Inheritance of gene conferring resistance to wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. lini) disease of linseed (*Linum usitatissimum* L.) in North West Himalayas / N. Kumar, S. Paul, A. Kumar et al. // Electronic Journal of Plant Breeding. – 2015. – № 6(4). – P. 1108–1110.
11. Luggar O. A treatise of flax culture / O. Luggar // Minnesota Experiment Station Bulletin. 1890. – № 13. – 38 p.
12. Nair P.N. The establishment and growth of *Fusarium lini* in the flax tissues / P.N. Nair, T. Kommedahl // Phytopathology. – 1957. – № 47. – P. 25.
13. Popescu F. Researches concerning the heredity of resistance to *Fusarium* wilt in flax / F. Popescu // (Cercetari privindereditatea rezistentei la fuzarioza a inului de lei) Probleme de Genetica Theoretica si aplicata. – 1995. – № 17. – P. 37.
14. Rashid K. Y. Effect of trifluralin on *Fusarium* wilt in flax / K. Y. Rashid, E.O. Kenaschuk // Canadian Journal of Plant Science. – 1993. – № 73. – P. 893-901.
15. Rozhmina T.A. Selekcionno-cennye geny ustojchivosti k fuzarioznomu uvjadaniyu u l'na [Selection - valuable genes of resistance to *Fusarium* wilt in flax] / T.A. Rozhmina // Dostizheniya nauki i tehniki APK [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]. – 2015. – № 12. – P. 47-49. [in Russian]
16. Tihvinskij S.F. Ocenka ustojchivosti genotipov sortov l'na k neblagoprijatnym faktoram sredy [Evaluation of the resistance of genotypes of flax varieties to adverse environmental factors] / S.F. Tihvinskij, A.N. Dudina, S.V. Doronin et al. // Vestnik VNIIMK [Bulletin of VNIIMK]. – 2005. – № 2. – P. 14-17. [in Russian]