

Устойчивость сортов – важный элемент интегрированной защиты льна-долгунца от болезней

Л. П. Кудрявцева¹✉

¹ Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ E-mail: info.trk@fnclk.ru

Аннотация. Цель исследований – характеристика сортов льна-долгунца, включенных в Госреестр селекционных достижений, по устойчивости к фузариозному увяданию, ржавчине, антракнозу и пасмо. Исследования проводили в 2018–2020 гг. в вегетационных, лабораторных и полевых условиях во Всероссийском НИИ льна (в настоящее время – Обособленное подразделение Научно-исследовательский институт льна, ОП НИИЛ ФНЦ ЛК). В качестве **объекта исследований** использовали сорта льна-долгунца, включенные в Госреестр селекционных достижений Российской Федерации на 2018–2020 гг. **Методы.** Исследования проводили с использованием современных микологических и фитопатологических методов. Лабораторные, вегетационные и полевые опыты закладывали по методикам ВНИИЛ. **Результаты и практическая значимость.** Среди исследованных 66 сортов 56,1 % занимали высокоустойчивые и устойчивые генотипы к фузариозному увяданию и 58,3 % – к ржавчине. Удельный вес сортов Института льна на данный период составил 34,8 %. Высокой устойчивостью к ржавчине и фузариозному увяданию характеризовались сорта селекции ВНИИЛ Универсал, Дипломат, Алексим, Росинка, Зарянка, Александрит. Впервые ученые Института льна создали сорта льна-долгунца (Дипломат и Тонус), устойчивые к трем болезням (ржавчине, фузариозному увяданию и антракнозу), и сорт Цезарь – к четырем болезням. Все сорта селекции Института льна, за исключением Дипломата и Тонуса, были восприимчивы к антракнозу. Сорт Грант селекции республики Беларусь и сорт Цезарь были устойчивы к пасмо на 59,7 %, остальные характеризовались устойчивостью на уровне 27,8–42,0 %. **Научная новизна.** Комплексно на инфекционно-провокационных фонах с использованием естественных и синтетических популяций возбудителей болезней льна дана характеристика по устойчивости сортов, включенных в Госреестр селекционных достижений РФ. Выделены сорта с групповой устойчивостью к 2, 3 и 4 болезням. Использование в посевах льна устойчивых к наиболее экономически опасным болезням сортов льна-долгунца позволит сократить инфекционный потенциал, и его накопление в природе.

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

Для цитирования: Кудрявцева Л. П. Устойчивость сортов – важный элемент интегрированной защиты льна-долгунца от болезней // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 36–44. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-36-44.

Дата поступления статьи: 01.02.2021, **дата рецензирования:** 19.02.2021, **дата принятия:** 02.08.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Главную роль в подьеме льноводства России призвана сыграть защита растений, обеспечивающая существенное сокращение потерь льнопродукции от болезней, повреждений культурных растений и от вредоносности сорняков, за счет научно обоснованного применения эффективных и оптимальных фитопатологических санитарных мероприятий [1, с. 183]. Интегрированная система защиты растений состоит из комплекса мероприятий, но их ядром служит устойчивый сорт. В условиях современного производства именно сорт является наименее затратным средством повышения урожайности и качества льнопродукции, что определяет конкурентоспособность продукции. Среди различных агроприемов на долю сорта приходится до 30 % прироста урожая, а в сложных погодных условиях периода вегетации (избыток влаги, засуха, эпифитотии болезней и др.) ему принадлежит решающее значение [2, с. 23].

Из многочисленных болезней льна-долгунца наиболее вредоносными в зоне льноводства России и зарубежных стран являются фузариозное увядание, ржавчина, антракноз, пасмо (септориоз) и ауреобазидиоз (полиспороз) [3, с. 3, 5, 7], [4, с. 206], [5, с. 56], [6, с. 896], [7, с. 27], [8]. При сильной степени поражения посевов льна фузариозным увяданием урожай льносоломой может снижаться на 60 %, семян – на 80 %. Один процент зараженности фузариозом равен снижению урожая волокна на 0,6 %, семян – 0,75 %, льносоломой – 0,5 %. При высоком развитии ржавчины качество льнопродукции снижается от 3 до 9 номеров, семенная продуктивность может снижаться на 90 %, масса волокна уменьшается в 2–3 раза [5, с. 56], [9, с. 33], [10, с. 223]. От антракноза потери урожая соответствуют проценту гибели растений от патогена и в отдельные годы может равняться 30–40 %. При сильном поражении посевов льна ауреобазидиозом качество волокна уменьшается на 3–4 номера, а

урожаем семян и льносолемы снижается до 40–50 %. Пасмо понижает выход длинного волокна до 3 %, а качество уменьшается на 1–4 номера [11, с. 367, 371], [12, с. 21, 22], [13, с. 3].

В льноводных хозяйствах фитосанитарное состояние посевов льна-долгунца периодически изменяется и зависит от ряда факторов. Одной из составляющих, оказывающих большое влияние на болезни, является устойчивость сортов. Восприимчивые к болезням сорта накапливают инфекцию и способствуют распространению фитопатогенов. Невосприимчивые сорта снижают потенциал инфекции, вызывают депрессивное состояние и способствуют многолетнему эффекту стабильного улучшения состояния посевов и получения качественно урожая. Такие болезни, как антракноз, крапчатость, ауреобазидиоз, снижаются протравливанием семян препаратами и соблюдением агротехнических мероприятий (сроки сева и уборки, нормы удобрений и др.). В контроле над фузариозным увяданием и ржавчиной устойчивым сортам отводится доминирующее положение, поскольку агро-

тенический и химический методы для этих болезней малоэффективны и недостаточно экономичны.

Внедрение в производство устойчивых к группе патогенов сортов льна-долгунца является экологически и экономически оправданным и безопасным элементом интегрированной защиты растений, роль которой в современных условиях будет постоянно возрастать [14. с. 25].

Методология и методы исследований (Methods)

Цель исследований – провести оценку районированных сортов льна-долгунца по устойчивости к болезням и выявить сорта с групповой устойчивостью к ржавчине, фузариозному увяданию, пасмо и антракнозу. В качестве объекта исследований использовали сорта льна-долгунца, включенные в Госреестр селекционных достижений Российской Федерации на 2018–2020 гг. Сорта льна-долгунца оценивали в течение трех лет (2018–2020 гг.) на искусственно-провокационных фонах в вегетационных и полевых условиях по методике ВНИИЛ [15, с. 14–16, 23–25, 27–29, 31–33]. Устойчивость сортов льна-долгунца к фузари-

Таблица 1
Характеристика районированных сортов льна-долгунца (селекции ВНИИЛ) по устойчивости к болезням (полевые инфекционно-провокационные питомники ВНИИЛ, средние данные за 2018–2020 гг.)

Сорт	Степень устойчивости, %			
	Фузариозное увядание	Ржавчина	Антракноз	Пасмо
А-29	88,1	98,6	35,3	36,5
Зарянка	88,9	98,0	34,4	36,6
Славный 82	66,6	83,4	28,9	25,8
А-93	95,8	90,0	46,5	42,0
Алексим	87,5	99,0	44,4	40,2
Альфа	85,3	100	43,4	41,2
Александрит	89,7	100	38,4	43,5
Ленок	91,7	100	40,8	40,0
Новоторжский	89,2	79,3	39,9	38,9
Сурский	95,8	90,1	49,0	37,5
Тверской	92,3	100	38,4	32,4
Тверца	84,3	78,0	33,3	39,6
Тонус	91,5	100	58,9	35,2
Универсал	86,1	94,3	50,7	36,4
Цезарь	94,7	90,0	55,6	59,7
Дипломат	91,1	100	62,4	35,3
Лазурный	61,0	80,1	45,8	38,9
Росинка	88,3	100	40,4	33,9
Торжокский 4	71,3	84,7	35,0	35,3
Визит	89,6	100	50,0	36,2
Надежда	92,1	100	50,0	37,4
Полет	87,8	100	52,1	51,3
Факел	90,5	100	44,8	33,3
НСР ₀₅	4,6	2,0	2,8	3,4
Восприимчивые стандарты				
Полесский 4	–	52,7	–	–
АР ₅	35,6	–	–	–
Пенджаб	–	–	26,8	–
П-73	–	–	–	27,8

Table 1
Characteristics of zoned varieties of long-legged flax (All-Russian Research Institute of Flax selection for disease resistant (All-Russian Research Institute of Flax field infectious and provocative nurseries, average data for 2018–2020)

Variety	Degree of stability, %			
	<i>Fusarium wilt</i>	<i>Rust</i>	<i>Anthraco nose</i>	<i>Pasmo</i>
A-29	88.1	98.6	35.3	36.5
Zaryanka	88.9	98.0	34.4	36.6
Slavnyy 82	66.6	83.4	28.9	25.8
A-93	95.8	90.0	46.5	42.0
Aleksim	87.5	99.0	44.4	40.2
Al'fa	85.3	100	43.4	41.2
Aleksandrit	89.7	100	38.4	43.5
Lenok	91.7	100	40.8	40.0
Novotorzhskiy	89.2	79.3	39.9	38.9
Surskiy	95.8	90.1	49.0	37.5
Tverskoy	92.3	100	38.4	32.4
Tvertsa	84.3	78.0	33.3	39.6
Tonus	91.5	100	58.9	35.2
Universal	86.1	94.3	50.7	36.4
Tsezar'	94.7	90.0	55.6	59.7
Diplomat	91.1	100	62.4	35.3
Lazurnyy	61.0	80.1	45.8	38.9
Rosinka	88.3	100	40.4	33.9
Torzhokskiy 4	71.3	84.7	35.0	35.3
Vizit	89.6	100	50.0	36.2
Nadezhda	92.1	100	50.0	37.4
Polet	87.8	100	52.1	51.3
Fakel	90.5	100	44.8	33.3
LSD ₀₅	4.6	2.0	2.8	3.4
Receptive standards				
Polesskiy 4	–	52.7	–	–
AP ₅	35.6	–	–	–
Pendzhab	–	–	26.8	–
P-73	–	–	–	27.8

озному увяданию изучали в ящиках в вегетационных условиях, используя искусственную, синтетическую популяцию возбудителя, состоящую на 45–50 % из сильновирulentных биообразцов и на 50–55% из средневирulentных штаммов. Биоматериал вносили за 10–12 суток до посева для развития инфекции. Пораженность учитывали дважды: предварительный учет – в фазу полных всходов, основной – в период уборки, в ранне-желтую спелость. Площадь питания одного растения – 2,5 × 2,5 см. Норма высева семян – 16 штук, повторность опыта трехкратная. Изучение устойчивости сортов к пасмо, ржавчине и антракнозу льна проводили на опытных полях НИИ льна. В полевых инфекционно-провокационных питомниках на ржавчину, пасмо и антракноз создавали провокационные условия: поздний, разреженный, широкорядный посев. Для изучения реакции сортов льна-долгунца на устойчивость к ржавчине, антракнозу и пасмо создавали искусственные популяции возбудителей данных болезней, используя штаммы из «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна» ВНИИЛ,

согласно методикам Института льна [16, с. 4, 5], [17, с. 7]. Для инокуляции льна ржавчиной или пасмо инфекционный материал готовили с осени. Льносолому, зараженную телеитоспорой – инфекцией гриба – расстилали под снег, а весной до заражения жизнеспособный инокулюм убирали в сухое место. Делянки обсеивали восприимчивым к патогену сортом, инфекционный материал раскладывали по всходам. Дважды за вегетационный сезон проводили учеты: предварительный – в период максимального развития уредостадии, основной – перед уборкой, в ранне-желтую спелость, по телеитостадии гриба.

Инокулюм возбудителя пасмо (льносоллома, пораженная патогеном) хранили зимой в сарае. Перед инокуляцией пораженную льносоллomu проверяли на жизнеспособность возбудителя. Делянки обсеивали сильновосприимчивым сортом, жизнеспособный инфекционный материал раскладывали по всходам этого сорта. Пораженность генотипов льна пасмо определяли в период уборки в момент максимального развития болезни.

Искусственная популяция возбудителя антракноза состояла на 50 % из высоковирулентных штаммов и по 25 % – из средне- и слабовирулентных биообразцов. В день посева вносили инфекцию. Ввиду того что основной вред от антракноза наблюдается в ранний период роста и развития льна, основной учет развития антракноза по всходам проводили во время массового развития возбудителя на льне, обычно на 17–18-е сутки после посева. Размер учетной делянки в питомниках на ржавчину, пасмо и антракноз – 0,5 м погонного. Норма высева семян – 25 шт. на делянку, повторность опыта трехкратная.

Полевые исследования проводили в отделении Опытное поле НИИЛ на среднесуглинистой слабокислой почве со средним содержанием калия 91–93 мг/кг и высоким содержанием фосфора в почве (275–285 мг/кг). Зерновые культуры служили предшественником для льна.

Математическую обработку данных выполняли методом дисперсионного анализа с использованием пакетов программ «Биостат» и Excel.

Интенсивность развития болезней льна в опытах 2018–2020 гг. в значительной степени зависела от погодных условий в период вегетации.

Метеоусловия вегетационных периодов (2018–2020 гг.), качественная инфекция, ежедневный полив инфекционного питомника на фузариозное увядание были благоприятными для развития фузариоза и позволили в полной мере выявить потенциал устойчивости каждого сорта льна-долгунца. Теплая погода и высокий уровень относительной влажности во второй и третьей декадах июля, августа (84–88 %) в 2018 и 2020 гг. способствовали высокому развитию пасмо. Развитие уредостадии и тейлейтоstadии ржавчины было умеренным во все годы исследований. Очень благоприятные условия сложились для развития возбудителя антракноза в третьей декаде мая, первой и второй декадах июня в 2018, 2020 гг. В этот период стояла теплая погода со значительными осадками. Лен находился в уязвимой фазе, развитие болезни было сильным. Погодные условия в 2019 г. были менее благоприятными, чем в 2018, 2020 гг., не только для роста и развития льна, но и для возбудителей болезней.

Однако в целом погодные условия и качественная инфекция во все годы исследований были благоприятными для проведения оценки льна на устойчивость к болезням.

Результаты (Results)

Многолетними маршрутными обследованиями фитосанитарного состояния селекционно-семеноводческих, производственных посевов льна-долгунца в различных регионах возделывания и результатами лабораторного анализа инфекционного материала установлено, что патогенный комплекс возбудителей болезней льна представлен в основном видами родов *Fusarium sp. f. lini*, *Colletotrichum lini* Manns et Bolley, *Septoria linicola* (Speg.) Gar, *Aureobasidium pullulans f. lini* (Laff.) Cokke. Отсутствовала в производственных посевах ржавчина льна (*Melampsora lini* (Pers) Lev.),

наблюдали единичные случаи появления аскохитоза. В отдельные годы отмечали активизацию бактериоза и ауреобазидиоза, но эпифитотийного уровня их развития не зафиксировали. В структуре возбудителей болезней доминирующее положение по распространенности в отдельные годы занимали грибы из рода *Fusarium*: *F. gibbosum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum* и др. – возбудители фузариозного побурения, на долю которых приходилось 25,0–48,7 %. На втором месте *Septoria linicola* – септориоз, на третьем – *Colletotrichum lini* – антракноз льна.

Значительное место в распространении болезней льна занимают семена. Они богаты белками, углеводами и минеральными веществами, представляют хороший питательный субстрат для жизнедеятельности и сохранения патогенных микроорганизмов. Поэтому совершенно очевидно большое хозяйственное значение имеет выявление возбудителей болезни в посевном материале. Ежегодно Институт проводит десятки фитоэкспертиз посевного материала из различных регионов Российской Федерации. Анализируя данные фитоэкспертиз последних десяти лет, можно отметить следующее. Общая зараженность семян посевного материала в среднем составляет 29,5 %. Из них по зараженности грибной инфекцией первое место занимает возбудитель крапчатости (17,7 %) на втором месте бактериоз (10,9 %). Зараженность семян возбудителем антракноза составляет 0,6 %, а фузариозом – 0,3 %. Низкий уровень зараженности семян фузариозом, ржавчиной, антракнозом положительно свидетельствует о совместной работе селекционеров и фитопатологов, занимающихся проблемой устойчивости сорта. В 50–60-х годах, когда не проводилась целенаправленная селекционная работа на иммунитет к болезням, для оценки льна использовался случайный инфекционный материал для создания селективного фона, недостаточно полно были изучены физиологическая специализация и другие вопросы биологии возбудителей, не отработаны методики оценки селекционного материала и др., фитопатологическое санитарное состояние посевов льна-долгунца было неудовлетворительным. 80–85 % посевных площадей занимали восприимчивые сорта, на которых во влажные годы отмечалось эпифитотийное развитие ауреобазидиоза, антракноза, фузариоза по ржавчине. Льноводные хозяйства терпели большие убытки. С целью улучшения фитосанитарной ситуации в посевах льна, сокращения потерь от болезней возросли требования к новым селекционным сортам по устойчивости к фузариозу и ржавчине как наиболее вредоносным. Сортосмена восприимчивых к ржавчине и фузариозному увяданию более устойчивых генотипов способствовали оздоровлению производственных посевов льна-долгунца, снижению распространения этих патогенов. В 1980–2010 гг. сделан качественный скачок в селекции льна-долгунца на устойчивость к болезням. Был создан и освоен в производстве ряд новых устойчивых к комплексу патогенов (фузариоз и ржавчина) сортов, которые заняли основные посевные площади льна-долгунца.

Таблица 2
Устойчивость районированных сортов льна-долгунца к болезням селекции научных учреждений РФ (инфекционно-провокационные питомники, средние данные за 2018–2020 гг.)

Сорт	Степень устойчивости, %			
	Фузариозное увядание	Ржавчина	Антракноз	Пасмо
Томский 16	50,0	94,7	45,5	35,3
Добрыня	90,2	100	49,4	36,8
Восход	96,4	84,4	42,4	37,5
Томский 17	75,0	91,8	40,0	31,7
Томский 18	70,8	93,4	48,8	31,2
Тост	42,8	98,4	39,8	37,5
Тост 5	56,0	87,6	48,7	35,7
Тост 4	62,5	98,7	47,3	38,9
Памяти Крепкова	47,2	84,8	47,2	31,8
Пересвет	20,8	94,9	48,4	45,2
Квартет	8,5	99,0	43,0	36,5
Томиш	14,3	96,4	47,3	40,4
Томиш 2	19,5	90,7	43,1	38,3
Антей	83,3	96,7	48,7	38,9
Белочка	38,4	71,3	46,6	33,3
Веста	81,7	89,7	48,4	45,5
Грант	82,5	83,6	49,4	59,7
Импульс	67,0	79,1	46,8	33,3
Кром	62,5	95,4	41,1	32,2
Ласка	90,1	95,0	48,8	35,4
Левит 1	87,1	76,5	47,4	38,0
Орион	75,0	97,5	48,7	39,4
Прибой	75,0	95,4	39,7	33,2
Псковский 359	79,2	81,1	37,9	32,1
Псковский 85	58,3	88,9	40,9	33,7
Русич	90,4	90,5	38,9	35,2
С-108	87,5	74,7	34,6	32,5
Alizee	74,4	96,5	48,8	40,0
Синель	69,3	75,6	31,7	41,7
Синичка	50,0	77,4	40,3	32,7
Смоленский	87,5	83,7	35,0	30,5
Смолич	80,0	83,7	41,4	35,4
Тост 3	61,9	80,6	42,3	36,2
Агата	86,4	95,6	48,5	37,1
Василек	87,9	84,5	49,4	35,3
Мерилин	83,9	86,4	39,7	49,1
Могилевский 2	62,5	78,8	38,4	37,9
Союз	80,0	89,7	38,1	45,4
Феникс	77,6	86,4	48,8	36,5
Уральский	91,7	91,8	48,5	34,4
Лидер	54,0	81,4	42,8	39,8
НСР ₀₅	6,2	5,4	1,2	1,3
Восприимчивые стандарты				
AP ₅	34,9	–	–	–
Пенджаб	–	–	25,6	–
П-73	–	–	–	26,9
Полесский 4	–	51,6	–	–

Table 2
Resistance of zoned varieties of flax to diseases (breeding scientific institutions of the Russian Federation; (infectious and provocative nurseries of, average data for 2018–2020)

Variety	Degree of stability, %			
	Fusarium wilt	Rust	Anthracoise	Pasmo
Tomskiy 16	50.0	94.7	45.5	35.3
Dobrynya	90.2	100	49.4	36.8
Voskhod	96.4	84.4	42.4	37.5
Tomskiy 17	75.0	91.8	40.0	31.7
Tomskiy 18	70.8	93.4	48.8	31.2
Tost	42.8	98.4	39.8	37.5
Tost 5	56.0	87.6	48.7	35.7
Tost 4	62.5	98.7	47.3	38.9
Pamyati Krepkova	47.2	84.8	47.2	31.8
Peresvet	20.8	94.9	48.4	45.2
Kvartet	8.5	99.0	43.0	36.5
Tomich	14.3	96.4	47.3	40.4
Tomich 2	19.5	90.7	43.1	38.3
Antey	83.3	96.7	48.7	38.9
Belochka	38.4	71.3	46.6	33.3
Vesta	81.7	89.7	48.4	45.5
Grant	82.5	83.6	49.4	59.7
Impul's	67.0	79.1	46.8	33.3
Krom	62.5	95.4	41.1	32.2
Laska	90.1	95.0	48.8	35.4
Levit 1	87.1	76.5	47.4	38.0
Orion	75.0	97.5	48.7	39.4
Priboy	75.0	95.4	39.7	33.2
Pskovskiy 359	79.2	81.1	37.9	32.1
Pskovskiy 85	58.3	88.9	40.9	33.7
Rusich	90.4	90.5	38.9	35.2
S-108	87.5	74.7	34.6	32.5
Alizee	74.4	96.5	48.8	40.0
Sinel'	69.3	75.6	31.7	41.7
Sinichka	50.0	77.4	40.3	32.7
Smolenskiy	87.5	83.7	35.0	30.5
Smolich	80.0	83.7	41.4	35.4
Tost 3	61.9	80.6	42.3	36.2
Agata	86.4	95.6	48.5	37.1
Vasilek	87.9	84.5	49.4	35.3
Merilin	83.9	86.4	39.7	49.1
Mogilevskiy 2	62.5	78.8	38.4	37.9
Soyuz	80.0	89.7	38.1	45.4
Feniks	77.6	86.4	48.8	36.5
Ural'skiy	91.7	91.8	48.5	34.4
Lider	54.0	81.4	42.8	39.8
LSD ₀₅	6.2	5.4	1.2	1.3
Receptive standards				
AP ₅	34.9	–	–	–
Pendzhab	–	–	25.6	–
П-73	–	–	–	26.9
Polleskiy 4	–	51.6	–	–

По данным инфекционно-провокационных питомников Института льна (2018–2020 гг.), современные сорта, включенные в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию, в основном показывают высокую и среднюю устойчивость к ржавчине (таблицы 1, 2). Групповой устойчивостью к ржавчине и фузариозному увяданию в пределах 81,2–100 % характеризуются сорта селекции НИИЛ Универсал, Ленок, Дипломат, Зарянка, Росинка и др. (таблица 1). Среднюю устойчивость (75,0–79,3 %) к ржавчине показали сорта Тверца, Новоторжский, Левит-1, С-108, Могилевский, Импульс и др. (таблица 1, 2). Низкий уровень устойчивости к фузариозу на уровне 8,5–38,4 % отмечен на сортах Томич 2, Томич, Квартет, Белочка, Пересвет. Сорта Алексим, С-108, Русич, Альфа, Грант и др. были высокоустойчивы к фузариозному увяданию по сравнению с восприимчивым стандартом (таблицы 1, 2).

Сорта льна-долгунца Славный 82, Русич, Томский 17, Тверца, С-108, Русич и Памяти Крепкова были восприимчивы к пасмо: устойчивость на уровне восприимчивого стандарта П-73 или незначительно превышала его значение (27,8–42,0 %). Сорт белорусской селекции Грант и сорт селекции Института льна Цезарь показали устойчивость к пасмо на уровне 59,7 %. Все сорта были восприимчивы к антракнозу, за исключением сортов Дипломат и Тонус селекции Института льна. Устойчивость восприимчивого стандарта к антракнозу составила 26,8 %.

На 2020 г. Госреестр селекционных достижений РФ представлен 66 сортами льна-долгунца. Удельный вес сортов отечественной селекции составляет 84,8 %, зарубежных – 15,2 % (6,1 % – Нидерланды, 11,2 % – республика Беларусь), при этом на долю сортов Института льна приходится 34,8 %.

Исторически фузариозное увядание и ржавчина считаются основными сдерживающими факторами производства, которые при широком распространении могут серьезно ухудшить фитосанитарное состояние посевов льна-долгунца. Рост количества устойчивых сортов льна-долгунца к фузариозному увяданию в динамике за период с 1985 г. по 2020 г. составил от 14,3 % до 84,0 %, а к ржавчине – от 28,6 % до 88,0 %. Причем уровень устойчивости сортов к этим двум наиболее вредоносным заболеваниям достаточно высок и составляет 84,0–97,0 % к фузариозу и 95,0–100 % к ржавчине. Из 23 сортов селекции НИИЛ, допущенных к использованию в 2020 г., 20 характеризуются высокой групповой устойчивостью к ржавчине и фузариозному увяданию (Альфа, Александрит, Ленок, Тверской и др.) (таблица 1). Такой сортовой состав обеспечивает решение проблемы борьбы с ржавчиной, которая в настоящее время находится в депрессивном состоянии, а также способ-

ствует сокращению распространения фузариоза в посевах льна. Следует отметить, что такие сорта льна-долгунца, как Памяти Крепкова, Пересвет, Квартет, Белочка, Псковский 85, Тост, Томский 16, восприимчивы к фузариозу и поражаются от 44,0 до 91,5 %. Расширение посевных площадей под этими сортами может способствовать накоплению инфекции в почве и усилению распространения фузариоза. В связи с этим особое внимание необходимо обратить на расширение посевных площадей под сортами, устойчивыми к фузариозному увяданию: Русич, Алексим, А-29, С-108, Тверской, Восход, Ленок, Пралеска и др.

Высокий уровень групповой устойчивости к двум основным болезням современных сортов и селекционного материала ВНИИЛ позволил начать работу на устойчивость к другим болезням: пасмо и антракнозу. Впервые в мировой практике созданы сорта льна-долгунца Дипломат и Тонус, которые обладают комплексной устойчивостью к трем болезням: ржавчине, фузариозу и антракнозу, а сорт Цезарь – к четырем.

Селекционеры ВНИИ льна располагают большим потенциалом высокоустойчивого селекционного материала, который позволит успешно решать в ближайшие годы проблему выведения устойчивых к наиболее вредоносным болезням сортов льна-долгунца [18, с. 43].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате проведенных исследований выявлено, что сорта льна-долгунца, включенные в Госреестр селекционных достижений РФ, различаются по уровню устойчивости к основным патогенам. 56,1 % занимают высокоустойчивые и устойчивые генотипы к фузариозному увяданию и 58,3 % – к ржавчине. Высокой групповой устойчивостью к фузариозному увяданию и ржавчине на уровне 84,3–100% характеризуются сорта селекции ВНИИЛ Универсал, Дипломат, Александрит, Алексим, Зарянка, Росинка и др. Все сорта, за исключением Дипломата и Тонуса (селекции Института льна), были восприимчивы к антракнозу. Устойчивость к пасмо показали сорта льна-долгунца Цезарь и Грант, остальные поражались патогеном в пределах 68,3–74,2 %.

Использование в производстве устойчивых и высокоустойчивых к комплексу наиболее вредоносных и распространенных болезней сортов льна-долгунца позволит сократить потенциал инфекции и ее накопление в природе, предотвратить эпифитотии заболеваний, что благоприятно скажется на оздоровлении окружающей среды и получении экологически чистой продукции.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Библиографический список

1. Кудрявцев Н. А., Зайцева Л. А., Савоськин О. А. [и др.] Модернизация инструментария, инновационный подход к оценке и стабилизации фитосанитарной обстановки в льноводстве // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: сборник материалов научно-практической конференции. Тверь, 2018. С. 183–190.

2. Павлова Л. Н., Герасимова Е. Г., Румянцева В. Н. и др. Новые сорта льна-долгунца – основа повышения эффективности отрасли льноводства // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: сборник материалов научно-практической конференции. Тверь, 2018. С. 23–25.
3. Samsonova A., Kanapin A., Bankin M., Logachev A., Gretsova M., Rozhmina T., Samsonova M. A genomic blueprint of flax fungal parasite *Fusarium oxysporum f. sp. lini* // International Journal of Molecular Sciences. 2021. T. 22. No. 5. Article number. 2665. DOI: 10.3390/ijms22052665.
4. Novakovskiy R. O., Dvorianinova 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. T. 31. Article number 105710. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105710.
5. Павлова Л. Н., Рожмина Т. А., Герасимова Е. Г., Румянцева В. Н., Киселева Т. А. Селекционная работа во ВНИИЛ: результаты и направления // Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию Томской школы селекции льна. Томск, 2017. С. 64–69.
6. Новаковский Р. О., Повхова Л. В., Краснов Г. С., Рожмина Т. А., Жученко А. А., Пушкова Е. Н., Кезими-на П., Кудрявцева А. В., Дмитриев А. А., Мельникова Н. В. Семейство генов дегидрогеназ коричневого спирта вовлечено в ответ устойчивых и восприимчивых генотипов льна на заражение *Fusarium oxysporum* // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 7. С. 896–901. DOI: 10.18699/VJ19.564.
7. Прасолова О. В. Видовой состав и патогенность возбудителей фузариозного побурения льна на территории Российской Федерации // Вестник АПК Верхневолжья. 2017. № 3 (39). С. 27–30.
8. Пролетова Н. В. Аминокислоты и белки в культуральных филтратгах гриба – возбудителя антракноза *Colletotrichum lini* // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4 (52) С. 121–127. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-4-121-127.
9. Кудрявцева Л. П. Вирулентность тверской популяции возбудителя ржавчины льна // Вестник АПК Верхневолжья. 2017. № 2 (38). С. 33–37.
10. Chend I., Tang Xiaoyu, Gao Chunshed, Lu Lhimin, Chen Jia, Guo Litao, Wang Tuhong Xu Jianping. Molecular diagnostics and pathogenesis of Fungal Pathogens on Bast Fiber Crops // Patagens. 2020. No. 9 (3): 223–242. DOI: 10.3390/pathogens9030223.
11. Stafacka I., Grauda D., Stramkale S., The evaluation of disease resistance of flax genotypes in relation to environmental factors // Zemdirbyste-Agriculture. 2019. Vol. 106. No. 4. Pp. 367–375. DOI: 10.13080/z-a.2019.106.047.
12. Кудрявцева Л. П., Рожмина Т. А., Соколова Н. С. Особенности наследования признака устойчивости льна к антракнозу // Вестник АПК Верхневолжья. 2016. № 4 (36). С. 21–24.
13. 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.
14. Пролетова Н. В. Использование биотехнологических методов для создания новых генотипов льна, устойчивых к антракнозу // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 8. С. 24–28.
15. Лошакова Н. И., Крылова Т. В., Кудрявцева Л. П. Методические указания по фитопатологической оценке устойчивости льна-долгунца к болезням. Москва: Изд-во РАСХН, 2000. С. 22–26.
16. Лошакова Н. И., Крылова Т. В., Кудрявцева Л. П. Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна: методические рекомендации по созданию, поддержанию, хранению и практическому использованию. Торжок: ВНИИЛ, 2006. 12 с.
17. Крылова Т. В., Лошакова Н. И., Агеева А. О. Методические рекомендации по созданию искусственной полевой популяции возбудителя ржавчины. Торжок: ВНИИЛ, 2009. 7 с.
18. Павлова Л. Н., Герасимова Е. Г., Румянцева В. Н. Инновационные приемы в селекции льна-долгунца // Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию Томской школы селекции льна. Томск, 2017. С. 43–45.

Об авторах:

Людмила Платоновна Кудрявцева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, старший научный сотрудник, ORCID-0000-0001-8425-6502, AuthorID 770951; +7 (48251) 9-18-44, +7 906 549-66-26, info.trk@fncl.ru

¹ Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

The stability of varieties is an important element of the integrated protection of flax from

L. P. Kudryavtseva¹✉

¹ Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia

✉ E-mail: info.trk@fncl.ru

Abstract. The purpose of the research is to characterize the varieties of long-legged flax included in the State Register of Breeding Achievements in terms of resistance to fusarium wilt, rust, anthracnose and pasmo. The research was conducted in 2018–2020 in vegetative, laboratory and field conditions at the All-Russian Research Institute of Flax (currently: A separate division Research Institute of Flax). As an **object of research**, we used varieties of flax-long-legged flax included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation for 2018–2020. **Methods.** The studies were carried out using modern mycological and phytopathological methods. Laboratory, vegetation and field experiments were conducted according to the All-Russian Research Institute of Flax methods. **Results and practical significance.** Among the studied 66 varieties, 56.1 % were highly resistant and resistant genotypes to fusarium wilt and 58.3 % – to rust. The specific weight of the Flax Institute varieties for this period was 34.8 %. High resistance to rust and fusarium wilt was characterized by the VNIIL selection varieties: Universal, Diplomat, Alexim, Dewdrop, Zaryanka, Aleksandrit. For the first time, scientists of the Flax Institute have created varieties of flax-long – legged (Diplomat and Tonus) resistant to three diseases: rust, fusarium wilt and anthracnose, and the Caesar variety-to four diseases. All varieties, with the exception of Diplomat and Tonus, a selection of the Flax Institute, were susceptible to anthracnose. The Grant variety of the selection of the Republic of Belarus and the Caesar variety were resistant to pasmo by 59.7 %, the rest were characterized by resistance to damage by 27.8–42.0 %. **Scientific novelty.** The characteristics of the resistance of the varieties included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation are comprehensively described on infectious and provocative backgrounds using natural and synthetic populations of pathogens diseases of flax. Varieties with group resistance to 2, 3, and 4 diseases are identified. The use of flax varieties resistant to the most economically dangerous diseases in flax crops will reduce the infectious potential and its accumulation in nature.

Keywords: long-legged flax, variety, disease resistance, pathogen.

For citation: Kudryavtseva L. P. Ustoychivost' sortov – vazhnyy element integrirrovannoy zashchity l'na-dolguntsa ot bolezney [Stability of varieties – an important element of integrated protection of flax from diseases] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 36–44. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-36-44. (In Russian.)

Date of paper submission: 01.02.2021, **date of review:** 19.02.2021, **date of acceptance:** 02.08.2021.

References

1. Kudryavtsev N. A., Zaytseva L. A., Savos'kin O. A., et al. Modernizatsiya instrumentariya, innovatsionnyy podkhod k otsenke i stabilizatsii fitosanitarnoy obstanovki v l'novodstve [Modernization of tools, an innovative approach to assessing and stabilizing the phytosanitary situation in flax growing] // Nauchnoye obespecheniye proizvodstva pryadil'nykh kul'tur: sostoyaniye, problemy i perspektivy: sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tver', 2018. Pp. 183–190. (In Russian.)
2. Pavlova L. N., Gerasimova E. G., Rumyantseva V. N., et al. Nove sorta l'na-dolguntsa – osnova povysheniya effektivnosti otrasli l'novodstva [New varieties of fiber flax – the basis for increasing the efficiency of the flax industry] // Nauchnoye obespecheniye proizvodstva pryadil'nykh kul'tur: sostoyaniye, problemy i perspektivy: sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tver', 2018. Pp. 23–25. (In Russian.)
3. Samsonova A., Kanapin A., Bankin M., Logachev A., Gretsova M., Rozhmina T., Samsonova M. A genomic blueprint of flax fungal parasite *Fusarium oxysporum* f. sp. lini // International Journal of Molecular Sciences. 2021. T. 22. No. 5. Article number 2665. DOI: 103390/ijms22052665.
4. Novakovskiy R. O., Dvorianinova 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. T. 31. Article number 105710. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105710.
5. Pavlova L. N., Rozhmina T. A., Gerasimova E. G., Rumyantseva V. N., Kiseleva T. A. Selektionnaya rabota vo VNIIL: rezul'taty i napravleniya [Selection work at the All-Russian Flax Research Institute: results and directions] // L'novodstvo: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 80-letiyu Tomskoy shkoly seleksii l'na. Tomsk, 2017. Pp. 64–69. (In Russian.)

6. Novakvskiy R. O., Povkhova L. V., Krasnov G. S., Rozhmina T. A., Zhuchenko A. A., Pushkova E. N., Kezimina P., Kudryavtseva A. V., Dmitriyev A. A., Mel'nikova N. V. Semeystvo genov degidrogenaz korichneвого spirta вовлечено в ответ устойчивых и восприимчивых генотипов льна на заражение *Fusarium oxysporum* [The brown alcohol dehydrogenase gene family is involved in the response of resistant and susceptible flax genotypes to *Fusarium oxysporum* infection] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. Vol. 23. No. 7. Pp. 896–901: DOI: 10.18699/VJ19.564. (In Russian.)
7. Prasolova O. V. Vidovoy sostav i patogennost' vozbuditeley fuzarioznogo pobureniya льна на территории Российской Федерации [Species composition and pathogenicity of pathogens of fusarium browning of flax in the territory of the Russian Federation] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2017. No. 3 (39). Pp. 27–30. (In Russian.)
8. Proletova N. V. Aminokisloty i belki v kul'tural'nykh fil'tratakh гриба – возбудителя антракноза *Colletotrichum lini* [Amino acids and proteins in culture filtrates of the anthracnose pathogen fungus *Colletotrichum lini*] // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2020 No. 4 (52). Pp. 121–127 DOI: 10.18286/1816-4501-2020-4-121-127. (In Russian.)
9. Kudryavtseva L. P. Virulentnost' tverskoy populyatsii vozbuditeley rzhavchiny льна [Virulence of the Tver population of the flax rust pathogen] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2017. No. 2 (38). Pp. 33–37. (In Russian.)
10. Chend I., Tang Xiaoyu, Gao Chunshed, Lu Lhimin, Chen Jia, Guo Litao, Wang Tuhong Xu Jianping. Molecular diagnostics and pathogenesis of fungal pathogens of Flax kultur // Patagens. 2020. No. 9 (3). Pp. 223–242. DOI: 10.3390/pathogens9030223.
11. Stafecka I., Grauda D., Stramkale S., The evaluation of disease resistance of flax genotypes in relation to environmental factors // Zemdirbyste-Agriculture. 2019. Vol. 106. No. 4. Pp. 367–375. DOI: 10.13080/z-a.2019.106.047.
12. Kudryavtseva L. P., Rozhmina T. A., Sokolova N. S., Osobennosti nasledovaniya priznaka ustoychivosti льна к антракнозу [Features of inheritance of a sign of flax resistance to anthracnose] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2016. No. 4 (36). Pp. 21–24. (In Russian.)
13. Zhuchenko A. A., Rozhmina T. A. Geneticheskiye resursy i selektsiya rasteniy – glavnyye mekhanizmy adaptatsii v sel'skom khozyaystve [Genetic resources and plant breeding are the main mechanisms of adaptation in agriculture] // Bulletin of agrarian science. 2019. No. 6 (81). Pp. 3–8. (In Russian.)
14. Proletova N. V. Ispol'zovaniye biotekhnologicheskikh metodov dlya sozdaniya novykh genotipov льна, ustoychivyykh k antraknozu [Using biotechnological methods to create new flax genotypes resistant to anthracnose] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2019. Vol. 33. No. 8. Pp. 24–28. (In Russian.)
15. Loshakova N. I., Krylova T. V., Kudryavtseva L. P. Metodicheskiye ukazaniya po fitopatologicheskoy otsenke ustoychivosti льна-dolguntsa k bolezyam [Methodological guidelines for phytopathological assessment of the resistance of flax to diseases]. Moscow: Izd-vo RASKHN, 2000. Pp. 22–26. (In Russian.)
16. Loshakova N. I., Krylova T. V., Kudryavtseva L. P. Kollektzii mikroorganizmov – vozbuditeley bolezney льна: metodicheskiye rekomendatsii po sozdaniyu, podderzhaniyu, khraneniyu i prakticheskomu ispol'zovaniyu [Collections of microorganisms – pathogens of flax diseases: methodological recommendations for the creation, maintenance, storage and practical use]. Torzhok: VNIIL, 2006. 12 p. (In Russian.)
17. Krylova T. V., Loshakova N. I., Ageyeva A. O. Metodicheskiye rekomendatsii po sozdaniyu iskusstvennoy polevoy populyatsii vozbuditeley rzhavchiny [Methodological recommendations for the creation of an artificial field population of the rust pathogen]. Torzhok: VNIIL, 2009. 7 p. (In Russian.)
18. Pavlova L. N., Gerasimova E. G., Rummyantseva V. N. Innovatsionnyye priemy v selektsii льна-dolguntsa [Innovative techniques in the selection of flax] // L'novodstvo: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy ravitiya: materialy mezhhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 80-letiyu Tomskoy shkoly selektsii льна. Tomsk, 2017. Pp. 43–45. (In Russian.)

Authors' information:

Lyudmila P. Kudryavtseva¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the laboratory of breeding technologies, senior researcher, ORCID-0000-0001-8425-6502, AuthorID 770951; +7 (48251) 9-18-44, +7 906 549-66-26, info.trk@fncl.ru

¹ Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia