

Н.В. Степанова, С.Р. Чуйко

РУП «Институт льна», аг. Устье, Оршанский район

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕДНОЙ БИОТЫ СЕМЯН ЛЬНА-ДОЛГУНЦА, ПОЛУЧЕННЫХ В ОСНОВНЫХ ЗОНАХ ЛЬНОСЕЯНИЯ БЕЛАРУСИ

Дата поступления статьи в редакцию: 10.04.2023

Рецензент: канд. с.-х. наук Лешкевич Н.В.

Аннотация. В работе изложен анализ семенного материала льна-долгунца урожаяв 2018–2020 гг. девяти льносеющих хозяйств, относящихся к трем агро-климатическим зонам Беларуси. Установлена сильная прямая корреляционная зависимость развития микозов и бактериоза семян льна от суммы осадков за период вегетации ($r = 0,93$ и $0,70$) и зараженности растений болезнями к уборке ($r = 0,91$ и $0,71$ соответственно). На лабораторную всхожесть семян сильное обратное влияние оказывали бактериоз семян ($r = -0,74$), среднее – септориоз растений к уборке ($r = -0,58$) и осадки во второй половине вегетации ($r = -0,60$). Средние показатели гидротермических факторов зон льносеяния не определяли общую тенденцию развития вредной биоты семян.

Ключевые слова: лен-долгунец, семена, зараженность, зоны льносеяния.

Введение. Качественные семена обеспечивают получение здоровых всходов с высоким стартовым ритмом ростовых процессов, оптимальную густоту стеблестоя и мономорфный высокопродуктивный ценоз сельскохозяйственных культур. Только при использовании для посева кондиционных семян может быть реализован биологический потенциал сорта, т. к. семя является носителем биологических и хозяйственных свойств будущего растения.

С семенами передаются около 60 % фитопатогенов грибной и бактериальной природы, создавая критические условия для прорастания семян и развития их всходов [1]. Зараженность семян микроорганизмами является одной из важнейших причин ухудшения их посевных качеств (всхожести, посевной годности, силы роста), нарушения нормального течения биохимических процессов, а также возникновения болезней на вегетирующих растениях. Посев зараженными семенами ведет к изреживанию ценоза, возникновению очагов болезней, задержке в росте или гибели всходов, а в итоге к снижению количества и качества продукции. На зараженность семян влияют погодные условия периода вегетации, сроки и качественное проведение уборочных мероприятий, своевременное досушивание и правильное хранение семян.

В связи со смещением границы центральной агроклиматической области с юга на север Беларуси практически на сто километров и выделением новой IV-й зоны [2] по современной классификации сегодня практически все посевные площади льна-долгунца расположены во II-й (центральной) и III-й (южной) агроклиматических зонах страны. В настоящее время на долю льнозаводов Минской и Могилевской областей приходится в среднем 17–21 % от общей площади льна (II–III агроклиматические зоны); Брестской и Гомельской областей – 9–12 % (III агроклиматическая зона) [3]. Основная посевная площадь льна-долгунца сосредоточена в Витебской области Беларуси (II агроклиматическая зона) – 27–29 %, где получение семян с высокими посевными свойствами, соответствующих ГОСТу по зараженности, на практике не всегда возможно. В ходе выполнения мониторинга посевов льна-долгунца льносеющих организаций льноводческого подкомплекса страны необходимо было проверить научную гипотезу о возможности получения семенного материала с минимальной зараженностью патогенами при возделывании культуры в условиях южных регионов страны. Анализируя семенной материал, полученный в ряде хозяйств, расположенных по всей территории Беларуси, за один год исследований можно получить результаты формирования вредной биоты семян при разных погодных условиях выращивания льна, а материал наблюдений за несколько лет позволит определить роль агрометеорологических факторов в получении здоровых семян с меньшей затратой времени.

Цель работы заключалась в изучении патогенного комплекса возбудителей болезней семян льна-долгунца при возделывании его в разных агроклиматических зонах Беларуси.

Материалы и методика проведения исследований. Объектом исследования являлись семена льна-долгунца, отобранные в льносеющих хозяйствах по агроклиматическим зонам возделывания: 1-я (северная) зона – ОАО «Верхнедвинский льнозавод»; 2-я (центральная) зона – ОАО «Дубровенский льнозавод», ОАО «Кореличи-лен», ОАО «Горкилен», ОАО «Хотимский льнозавод»; 3-я (южная) зона – ОАО «Слуцкий льнозавод», ОАО «Пружанский льнозавод», КУП «Кормалён», Филиал «Уваровичский льнозавод». В каждом хозяйстве выбирали 4–5 стационарных участка для определения взаимосвязи между зараженностью растений к уборке и полученными семенами с учетом гидротермических факторов зоны льносеяния (суммы температур и осадков в период вегетации льна). Для изучения патогенного комплекса возбудителей болезней семян анализируемые пробы внутри каждого хозяйства формировались по сортам, репродукциям и с учетом характеристик полей по льнопригодности. Сортная структура включала сорта отечественной (Лада, Мара, Алей, Василек, Ива, Малахит, Грант, Ритм) и зарубежной селекции (Ализе, Арамис, Лизетта).

Посевные качества семян определяли согласно СТБ 1123-98 [4]; зараженность семян болезнями – ГОСТ 12044-93 [5]. Для определения зараженности семян применяли методы влажных камер и на питательных средах (картофельном подкисленном агаре). Диагностика и степень поражения растений болезнями устанавливались согласно практическим руководствам по фитосанитарному контролю посевов льна-долгунца [6, 7, 8]. Экспериментальный материал обрабатывали методами дисперсионного и корреляционного анализа.

Результаты и их обсуждение. В среднем за 2018–2020 гг. исследований зараженность семян льна-долгунца по зонам льносеяния находилась в пределах 15–24 % и была представлена микозной и бактериальной инфекциями, составляющими 11–19 и 4–6 % соответственно (рисунок 1). Патогенный комплекс семян представлен преимущественно микромицетами родов *Ozonium*, *Colletotrichum*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Mucor* и *Rhizopus*, а также бактериями родов *Bacillus*, *Erwinia* и др.

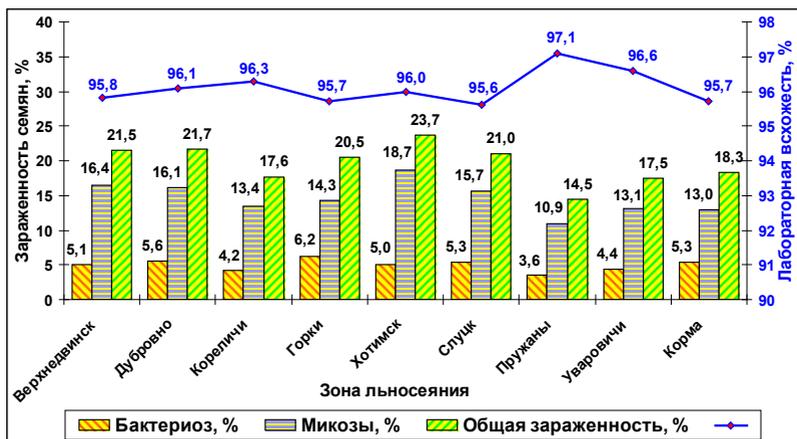


Рисунок 1 – Фитосанитарный анализ семян льна-долгунца по основным зонам льносеяния Беларуси при определении методом влажных камер, 2018–2020 гг.

Самой распространенной болезнью семян льна является крапчатость (кровообразно-крапчатый озонизм) – возбудитель *Fungus sterilis* (*Ozonium Vinogradovi*) (отдел *Basidiomycota*, класс *Agaricomycetes*, семейство *Psathyrellaceae*). На проростках, корешках, семядольных листочках и подсемядольном колене крапчатость проявляется в виде кирпично-красной точечной пятнистости, а на стеблях всходов – в виде штрихов идентичной окраски. При сильном поражении семян

образуется сплошной кирпичный узор на проростках, вокруг которых начинает развиваться грязно-белый паутинистый рыхлый мицелий, что приводит к их гибели. При слабом поражении семян проростки дают всходы с крапчатыми семядолями.

По результатам фитопатологической экспертизы семян льна-долгунца урожая 2018–2020 гг., отобранных в льносеющих хозяйствах основных зон льносеяния страны, при общей зараженности посевного материала в пределах 15–24 % проявление крапчатости составляло 10–17 %. Максимальная зараженность семян болезнью (15–17 %) отмечалась в льносеющих хозяйствах центральной агроклиматической зоны ОАО «Хотимский льнозавод», ОАО «Дубровенский льнозавод»; наименьшая (10–12 %) – в ОАО «Пружанский льнозавод», Филиале «Уваровичский льнозавод» южной и в ОАО «Кореличи-лен» центральной зонах. *Fungus sterilis* (*Ozonium Vinogradovi*) является доминантным патогеном на семенах льна-долгунца, следовательно, с высокой долей вероятности ($R^2 = 0,70$) можно утверждать, что общую зараженность посевного материала определяет развитие крапчатости семян (рисунок 2).

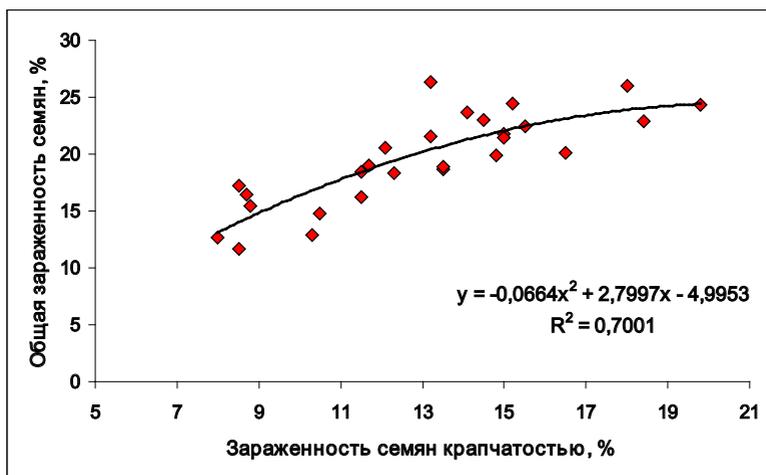


Рисунок 2 – Влияние *Fungus sterilis* (*Ozonium Vinogradovi*) на общую зараженность семян льна-долгунца, 2018–2020 гг.

Инфекция антракноза (коллетотрихоза) на полученных семенах урожая 2018–2020 гг. при определении методом влажных камер отмечалась на депрессивном уровне до 2 % и не вызывала гибель проростков, т. к. гифы возбудителя болезни – *Colletotrichum lini* Manus et Bolley (отдел *Ascomycota*, класс *Sordariomycetes*, семейство *Nectriaceae*) проникали в семена после образования пигментного слоя и грибница распола-

галась только в верхнем ослизняющемся слое оболочки семян. Но из оболочек она распространяется на молодой росток и поражает корневую шейку или семядоли. Если гифы возбудителя проникают в семена до образования пигментного слоя, они поражают зародыш, вызывая его гибель. Если при анализе зараженности во влажной камере семена урожая 2018 г. показали невысокое развитие антракноза – до 2 % по льносеющим хозяйствам, то анализ на питательной среде установил повышение развития данной инфекции до 3–8 %.

Возбудители фузариоза семян льна – *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc., *Fusarium oxysporum* Schltdl., *Neocosmospora solani* (Mart.) L. Lombard & Crous, *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc., *Fusarium culmorum* f. 1 Wollenw. (отдел *Ascomycota fungi*, класс *Hypocreaceae*, семейство *Nectriaceae*) – являются причиной не всхожести семян или сухого загнивания всходов. При поражении семян гифы грибницы проникают в семенную оболочку и сохраняются там до момента прорастания, затем активизируются и заражают всходы. В виду слабого проявления фузариоза в посевах льна-долгунца (1–3 %) поражение анализируемых семян урожаев 2018–2020 гг. *Fusarium* spp. при определении методом влажных камер не установлено. Бессимптомное наличие внутри семян возбудителя было отмечено при анализе семян на питательной среде, где зараженность их составила 1,5–3,0 %.

Сапрофитные грибы развиваются на невыполненных, поврежденных, недосушенных семенах, при наличии на их поверхности органических остатков, вызывая плесневение и вторичные гнили семян и проростков. Среди сапрофитов на семенах льна-долгунца наиболее часто встречаются представители родов *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., образующие плесень черной окраски; *Mucor* spp., *Rhizopus* spp. – серой; *Penicillium* spp. – зеленой; *Trichothecium* spp. – розовой окраски. Гибель семян в отобранных пробах от сапрофитной инфекции в среднем за 2018–2020 гг. не превышала 1 %.

Помимо микозной инфекции семена льна ежегодно поражаются бактериозом, возбудителями которого могут являться бактерии рода *Bacillus* (*Glostridium*) *macerans* Schard. (отдел *Firmicutes*, класс *Bacilli*, семейство *Paenibacillaceae*), *Bacillus subtilis* (семейство *Bacillaceae*), *Erwinia herbicola* (*Pantoea agglomerans*) (отдел *Proteobacteria*, класс *Gammaproteobacteria*, семейство *Enterobacteriaceae*) [9]. В качестве возбудителей бактериоза могут выступать изоляты бактериальной микрофлоры, выделенные в 2020 г. ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» из смывов с поверхности и гомогенизированных семян льна-долгунца: 2-15 *Erwinia persicina*; 4-220 *Pantoea agglomerans*; 2-4 *Bacillus subtilis*; 2-1 *Lelliottia amnigena*; 2-3 *Bacillus pumilus* [10]. Возбудители бактериоза широко распространены в природе и постоянно сопутствуют льну. Паразитический образ жизни они начинают при

определенных условиях: недостатке органического питания в почве, переизвесткованности и высокой уплотненности почвы, недостатке влаги при высоких температурах. Проявление бактериоза на проростках (семядолях, корешках) отмечается в виде стекловидных бурых пятен, ткани ослизняются, буреют и загнивают; на семядолях с краев или посередине образуются различных размеров язвы с темно-красной каймой. Для корней характерны уродливость, утолщение, окрашивание кончика в темно-красный цвет, отмирание, ложное прорастание (прорастание семядолей без корня); на не проросших семенах образуется слизь, возникает гниение и размягчение семени.

В среднем за три года исследований проявление бактериального поражения семян льна-долгунца отмечалось во всех отобранных образцах посевного материала в пределах 4–6 %, изменяясь по годам от 2 до 9 %. Гибель семян от их расслизнения варьировала в пределах 1,5–2,4 %, ложного прорастания – 0,7–1,8 %. Проявление бактериоза на проростках в виде отмирания кончика корня, происходящего вследствие поражения его проводящих пучков, установлено в пределах: слизистое – 0,3–0,8 %, сухое – 1,0–1,9 %.

На инфицированность семян оказывали влияние погодные условия периода вегетации льна-долгунца. Обследование девяти льносеющих организаций за период 2019–2020 гг. свидетельствует, что средние показатели гидротермических факторов агроклиматических зон не определяют общую тенденцию развития вредной биоты семян и растений льна. Для получения семян с минимальной зараженностью значимым показателем при погрешности 0,01 является сумма осадков за период вегетации ($r = 0,94$) и в июле ($r = 0,70$), при погрешности 0,05 – в июне месяце ($r = 0,60$) и сумма температур в июле ($r = -0,59$) (таблица). С увеличением количества осадков за период вегетации повышается зараженность полученных семян льна-долгунца микозами ($r = 0,93$) и бактериозом ($r = 0,70$).

Корреляционным анализом установлена сильная зависимость зараженности семян от общей зараженности болезнями растений к уборке ($r = 0,95$), в т. ч. антракнозом и септориозом ($r = 0,92$ и $0,91$ соответственно). Определена сильная прямая корреляционная зависимость между развитием микозов семян и пораженностью растений антракнозом ($r = 0,95$) и септориозом ($r = 0,85$); а также между бактериозом семян и септориозом растений ($r = 0,74$). Общая зараженность семян в сильной степени зависит от развития крапчатости ($r = 0,99$) и в средней – от бактериоза семян ($r = 0,66$).

На лабораторную всхожесть семян сильное отрицательное влияние при погрешности 0,01 оказывает развитие бактериоза семян ($r = -0,74$) и среднее при погрешности 0,05 – сумма осадков за июль и период вегетации льна ($r = -0,60$ и $-0,51$ соответственно), а также зараженность растений к уборке, в т. ч. септориозом ($r = -0,54$ и $-0,58$ соответственно).

Таблица - Коэффициенты корреляции (r) между гидротермическими факторами вегетации, зараженностью растений и полученных семян льна-долгунца, 2019-2020 гг.

Факторы влияния	Показатели качества семян			
	лабораторная всхожесть, %	общая зараженность, %	в том числе:	
			микозы	бактериоз
Сумма температур за период вегетации, °С	0,25	-0,49	-0,50 *	-0,24
в т. ч. за май	0,05	-0,16	-0,22	0,15
за июнь	0,16	-0,47	-0,51*	-0,14
за июль	0,37	-0,59*	-0,58*	-0,41
Сумма осадков за период вегетации, мм	-0,51 *	0,94 **	0,93 **	0,70 *
в т. ч. за май	0,43	0,23	0,31	-0,17
за июнь	-0,35	0,60 *	0,58 *	0,40
за июль	-0,60 *	0,70 **	0,63 *	0,62 *
Зараженность растений к уборке общая, %	-0,54*	0,95 **	0,91**	0,71 **
в т. ч. антракнозом	-0,20	0,92 **	0,95**	0,40
фузариозом	-0,48	0,38	0,35	0,33
септориозом	-0,58 *	0,91 **	0,85**	0,74 **
Зараженность семян общая, %	-0,42	1	0,98 **	0,66 **
в т. ч. крапчатостью	-0,33	0,99 **	0,99 **	0,54 *
бактериозом	-0,74 **	0,66 **	0,49	1

Примечание: * - значимо при $F \geq 0,05$; ** - значимо при $F \geq 0,01$.

Вывод. Анализ семенного материала льна-долгунца урожая 2018-2020 гг. девяти льносеющих хозяйств, относящихся к трем агроклиматическим зонам, установил в качестве доминантного патогена семенной инфекции льна-долгунца *Fungus sterilis (Ozonium Vinogradovi)*, вызывающий крапчатость семян (кровообразно-крапчатый озониз) и определяющий общую зараженность посевного материала ($R^2 = 0,70$, $r = 0,99$). Развитие антракноза и сапрофитной инфекции находилось на депрессивном уровне и не превышало за анализируемый период 2 %. Пораженность семян бактериозом ежегодно варьирует от 2 до 9 %.

Средние показатели гидротермических факторов зон не определяли общую тенденцию развития вредной биоты семян. Установлена сильная корреляционная зависимость зараженности семян льна-долгунца от суммы осадков за июль ($r = 0,70$) и период вегетации льна ($r = 0,94$), а также от общей зараженности растений болезнями к уборке ($r = 0,95$), в т. ч. антракнозом ($r = 0,92$) и септориозом ($r = 0,91$). Выявлена положительная достоверная корреляция между развитием микозов семян и пораженностью растений антракнозом и септориозом ($r = 0,95$ и $0,85$ соответственно), а также между развитием бактериоза семян и септориозом растений ($r = 0,74$). На лабораторную всхожесть семян сильное обратное влияние оказывало развитие бактериоза семян ($r = -0,74$),

среднее – септориоза растений к уборке ($r = -0,58$) и осадки во второй половине вегетации ($r = -0,60$).

Список литературы

1. Факторы, определяющие качество семян льна в Курганской области / Е. Ю. Торопова [и др.] // Вестн. Алтай. гос. аграр. ун-та. – 2014. – № 12 (122). – С. 15–19.
2. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата (в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь): выполнение работ по проекту CEEF2016-071-BL / В. Мельник [и др.]. – Минск – Женева : [б. и.], 2017. – 84 с.
3. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь; редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск: [б. и.], 2021. – 178 с.
4. Семена зернобобовых, масличных и технических культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия : СТБ 1123-98. – Введ. 30.10.1998. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1998. – 11 с.
5. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями : ГОСТ 12044-93. – Введ. 21.10.1993. – Минск: Междунар. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1993. – 55 с.
6. Зезюлина, Г. А. Сельскохозяйственная фитопатология: учеб. пособие / Г. А. Зезюлина [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 584 с.
7. Практикум по сельскохозяйственной фитопатологии / В. А. Шкаликов [и др.]; под ред. В. А. Шкаликова. – М.: Колос, 2004. – 208 с.
8. Саскевич, П. А. Фитосанитарный контроль при возделывании льна-долгунца. Практическое руководство / П. А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2006. – 112 с.
9. Лазарев, А. М. Диагностика бактериоза льна / А. М. Лазарев ; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т защиты растений, Инновац. Центр защиты растений. – СПб: ГНУ ВИЗР, 2011 г. – 64 с.
10. Получение посевного материала льна-долгунца с минимальной инфицированностью в зависимости от свойств почв и зоны возделывания (рекомендации) / В. А. Прудников [и др.] – Устье: РУП «Институт льна», 2021. – 34 с.

N.V. Stepanova, S.R. Chuiko

RUE «Institute of flax», ag. Ustye, Orsha region

DETERMINATION OF HARMFUL BIOTA OF FIBER FLAX SEEDS OBTAINED IN THE MAIN FLAX-SOWING ZONES OF BELARUS

Annotation. The paper presents an analysis of the seed material of fiber flax harvested in 2018-2020 from nine flax-growing farms belonging to three agro-climatic zones of Belarus. A strong direct correlation between the development of fungal infections and bacteriosis of flax seeds and the amount of precipitation during the growing season ($r = 0,93$ and $0,70$) and infection of plants with diseases by harvest ($r = 0,91$ and $0,71$ respectively) was established. The laboratory germination of seeds had a strong reverse effect of bacteriosis of seeds ($r = -0,74$), the average – septoria of plants before harvesting ($r = -0,58$) and precipitation in the second half of the growing season ($r = -0,60$). The average indicators of hydrothermal factors of the flax-sowing zones did not determine the general trend in the development of harmful seed biota.

Key words: fiber flax, seeds, infestation, flax sowing zones.