

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ СЕМЕННОЙ ИНФЕКЦИИ СОИ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

С.В. Овсянкина¹, к.б.н., С.В. Хижняк¹, д.б.н., А.А. Чураков¹, к.с.-х.н., П.А. Аболенцева¹,
Ю.И. Серебренников², к.с.-х.н., Е.А. Васильев¹

¹Красноярский государственный аграрный университет
660049, Красноярский край, г. Красноярск, пр-кт Мира, 90

²Уярский государственный сортоиспытательный участок – филиал Госсорткомиссии
по Красноярскому краю и Республике Хакасия
663020, Красноярский край, Емельяновский район, п. Емельяново, ул. Спортивная, 5
e-mail:sofi-kras@mail.ru

Изучена распространённость семенной инфекции в 30 образцах семян сои, относящихся к 19 сортам, полученным в трех районах (Сухобузимский, Емельяновский и Дзержинский) Красноярского края; урожай 2023 г. Средняя по образцам распространённость семенной инфекции составила 46,1%. Распространённость инфекции в разных образцах статистически значимо ($p < 0,001$ по тесту χ^2) различалась, варьируя от 19,5% (сорт СибНИИК 315, Емельяновский район) до 88,5% (сорт Заряница, Дзержинский район). Распространённость инфекции семян одного и того же сорта, имеющего разное географическое происхождение, статистически значимо ($p < 0,001$) различалась. В целом по изученным образцам именно происхождение семян оказало основное и в высокой степени статистически значимое ($p < 0,001$) влияние на распространённость семенной инфекции. Максимальная распространённость (78,4%) отмечена в Дзержинском районе, минимальная (34,3%) в Емельяновском. Возбудители грибных инфекций были представлены грибами р.р. *Alternaria* и *Fusarium*, а также вызывающими плесневение семян представителями р.р. *Penicillium* и *Aspergillus*. Бактериальные инфекции представлены возбудителями растрескивания, полного ослизнения и гниения семян. В целом по набору образцов в составе семенных инфекций преобладали бактериальные инфекции (81,1%). Состав патоконплекса в разных образцах статистически значимо ($p < 0,001$ по тесту χ^2) различался. Эти различия связаны не с генотипом, а с географическим происхождением семян. Дискриминантный анализ показал, что наиболее значимыми с точки зрения различия образцов из разных районов являются распространённость бактериозов гниения, растрескивания и ослизнения, а также грибов р. *Alternaria*. Корреляционный анализ показал, что энергия прорастания и всхожесть семян в изученных образцах отрицательно коррелируют с общей распространённостью инфекции, распространённостью плесневых грибов р.р. *Penicillium* и *Aspergillus*, а также с бактериозами, вызывающими гниение и ослизнение семян.

Ключевые слова: соя, инфекция семян, грибные болезни, бактериальные болезни, Красноярский край.

Для цитирования: Овсянкина С.В., Хижняк С.В., Чураков А.А., Аболенцева П.А., Серебренников Ю.И., Васильев Е.А. Распространённость семенной инфекции сои в Красноярском крае// Плодородие. – 2024. – №6. – С. 84-88.
DOI: 10.25680/S19948603.2024.141.19.

Соя – наиболее перспективная и экономически выгодная культура в мире [1, 2]. В России в последние годы ее выращивают во всех федеральных округах [2]. До 2017 г. сою в Красноярском крае возделывали эпизодически, площади посевов составляли 0,01-0,89 тыс. га [3]. С 2017 г. наблюдается рост площадей, возрастает интерес к этой культуре. По данным ФГБУ «Россельхозцентр», в Красноярском крае площади посевов сои в 2017 г. составляли 2,14 тыс. га, в 2021 г. – 8,3, в 2022 г. – 14 тыс. га.

Как известно посевы сои ежегодно поражаются вредными организмами, что влияет на снижение урожая и качества получаемой продукции [4, 5]. Семенная инфекция является особо вредоносной, так как в семенах сохраняется возбудитель и происходит заражение молодых растений и посевов в целом [3]. С семенами передается до 60% болезней растений. Заражение семян происходит в любой период вегетации, а также во время уборки, обмолота и хранения [7].

Важнейшее значение имеют болезни сои грибной этиологии, такие как, аскохитоз (*Ascochyta phaseolorum*), пероноспороз (*Peronospora manshurica*), септориоз (*Septoria glycines*), церкоспороз (*Cercospora sojae*), фузариоз (р.р. *Fusarium*), альтернариоз (р. *Alternaria*), антракноз (*Colletotrichum truncatum*), оливковая пятнистость (*Phyllosticta sojaecola*), склеротиниоз (*Sclerotinia*

sclerotiorum), а также корневые гнили сложной этиологии [9, 10]. Данные инфекции вызывают листостебельные и корневые поражения. Наиболее распространенными возбудителями бактериозов сои являются *Xanthomonas phaseoli* и *Pseudomonas glycinea*, которые вызывают пустульную или ржаво-бурую и угловатую пятнистости [9, 11, 12].

Информации о распространённости возбудителей болезней в Красноярском крае крайне мало или она практически отсутствует. В связи с этим, актуальность исследований весьма значима.

Цель настоящей работы – изучить распространённость и состав семенной инфекции сои, выращенной в трех районах Красноярского края.

Методика. Объектом исследования были семена сои урожая 2023 г. следующих сортов: Сибириада, Апис, Заряница, Ласточка, Сентябринка, Сибириада 20, СибНИИК 315, Топаз, Тэрдия, Унга, Эос, 75 лет Победы полученные в посевах в Уярском ГСУ в Емельяновском районе; Сентябинка, Заряница, Тэрдия, Эос, 75 лет Победы, Сибириада, Сибириячка, Золотистая, СибНИИК 315 и перспективные линии Ж-22, Ж-87, Д-47, р-30/19, Д-44, полученные на опытном поле УНПК «Борский» Сухобузимского района ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ», и семена сои Сибириячка, СибНИИК 315,

Заряница, 75 лет Победы, выращенные в Дзержинском районе.

Фитоэкспертизу семян определяли методом влажных камер в соответствии с ГОСТом 12044-93 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями». Энергию прорастания и всхожесть семян определяли в соответствии с ГОСТом 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести».

Проращивали семена при температуре +25°C. Учет возбудителей проводили на 7-е сут с использованием светопольной микроскопии, идентифицировали на основе их культурально-морфологических свойств.

Для проверки статистической значимости различий между образцами семян по энергии прорастания, всхожести и распространённости инфекций использовали тест χ^2 . Для сравнения образцов из разных регионов по набору показателей проводили дискриминантный анализ с пошаговым методом Forward stepwise. Для проверки связи всхожести и энергии прорастания с распространённостью семенных инфекций применяли корреляционный и регрессионный анализы. В качестве программного обеспечения использовали пакет StatSoft STATISTICA 8.0 и Пакет анализа MS EXEL.

Результаты и их обсуждение. Средняя по образцам распространённость семенной инфекции составила

46,1%. При этом распространённость инфекции в разных образцах статистически значимо ($p < 0,001$ по тесту χ^2) различалась, варьируя от 19,5% (сорт СибНИИК 315, Емельяновский район) до 88,5% (сорт Заряница, Дзержинский район). Распространённость инфекции семян одного и того же сорта, имеющих разное происхождение, статистически значимо ($p < 0,001$) различалась (табл. 1).

В целом по изученным образцам именно происхождение семян оказало основное и в высокой степени статистически значимое ($p < 0,001$) влияние на распространённость семенной инфекции. Максимальная распространённость (78,4%) отмечена в Дзержинском районе, минимальная (34,3%) – в Емельяновском районе, Сухобузимский район занимал промежуточное положение (47,1 %).

Кроме того, в Сухобузимском и Емельяновском районах выявлено статистически значимое ($p < 0,001$ по тесту χ^2) влияние генотипа на распространённость семенной инфекции. В Сухобузимском районе максимальная распространённость отмеченная у сорта 75 лет Победы, минимальная – у сорта Ж-87. В Емельяновском районе максимальная распространённость отмечена у сорта Ласточка, минимальная – у сорта СибНИИК 315 (см. табл. 1). В Дзержинском районе статистически значимых различий между сортами по распространённости семенной инфекции не выявлено.

1. Распространённость семенной инфекции, энергия прорастания и всхожесть семян в изученных образцах сор

Сорт	Район происхождения семян	Распространённость инфекции	Энергия прорастания %	Всхожесть
75 лет Победы	Сухобузимский	81	93	91
75 лет Победы	Емельяновский	38	86	93,5
75 лет Победы	Дзержинский	68,5	78,5	86
Апис	Емельяновский	44,5	70,5	84
Д-41	Сухобузимский	29	79,5	91
Д-44	Сухобузимский	26	92	93,5
Ж-22	Сухобузимский	29,5	90	93,5
Ж-87	Сухобузимский	24,5	87,5	93
Заряница	Сухобузимский	46	62,2	89,3
Заряница	Емельяновский	25	69	93
Заряница	Дзержинский	88,5	26,5	67
Золотистая	Сухобузимский	55,5	98	96,5
Ласточка	Емельяновский	55,5	68,5	80,5
р-30/19	Сухобузимский	33	90	95
Сентябринка	Сухобузимский	45	88	82,5
Сентябринка	Емельяновский	23,5	86	92,5
Сибириада	Сухобузимский	53	95	90
Сибириада	Емельяновский	31	91,5	97
Сибириада 20	Емельяновский	29	69	92
Сибириачка	Сухобузимский	46,5	89,5	94
Сибириачка	Дзержинский	85	49	61
СибНИИК 315	Сухобузимский	51	95	96,5
СибНИИК 315	Емельяновский	19,5	95	97
СибНИИК 315	Дзержинский	71,5	61	87,5
Топаз	Емельяновский	47,5	84	90,5
Тэрдия	Сухобузимский	64	73,5	88,5
Тэрдия	Емельяновский	38	73	96
Унга	Емельяновский	28,5	59,5	77
Эос	Сухобузимский	75,5	80	88,5
Эос	Емельяновский	31	84	96

Тем не менее, анализ распространённости семенной инфекции у различных генотипов в разных районах показывает, что определяющим фактором является не генотип, а район происхождения семян. Так, например, распространённость семенной инфекции у сорта 75 лет Победы в Сухобузимском районе была в 1,72 раза выше среднего для данного района значения. В то же время в Дзержинском районе у того же сорта распространённость семенной инфекции в 1,15 раз ниже среднего для

данного района значения. Сходная картина наблюдается и для двух других сортов, которые возделывали одновременно в трёх районах (рис. 1).

В целом по набору образцов в составе семенных инфекций преобладали бактериальные (81,1%), грибные инфекции существенно уступали (18,9%).

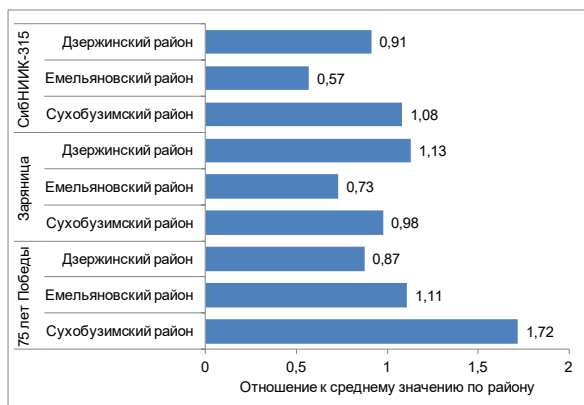


Рис. 1. Отношение распространённости семенной инфекции у разных генотипов сои к среднему значению этого показателя в зависимости от района

Соотношение возбудителей грибных и бактериальных инфекций в разных районах статистически значимо ($p < 0,001$ по тесту χ^2) различалось. Так, максимальная доля бактериальных инфекций в инфицированных семенах наблюдалась в Сухобузимском районе, минимальная – в Емельяновском районе (рис. 2).

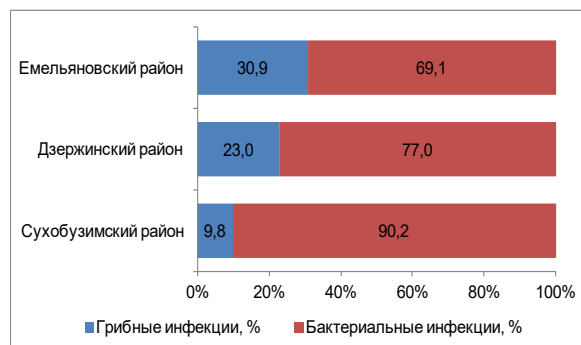


Рис. 2. Соотношение грибных и бактериальных инфекций среди возбудителей семенной инфекции в разных районах в среднем по изученным образцам

Бактериальные инфекции были представлены возбудителями растрескивания, полного ослизнения и гниения семян. Возбудителями грибных инфекций были грибы р.р. *Alternaria* и *Fusarium*, а также вызывающие плесневение семян представители р.р. *Penicillium* и *Aspergillus* (рис. 3-5).

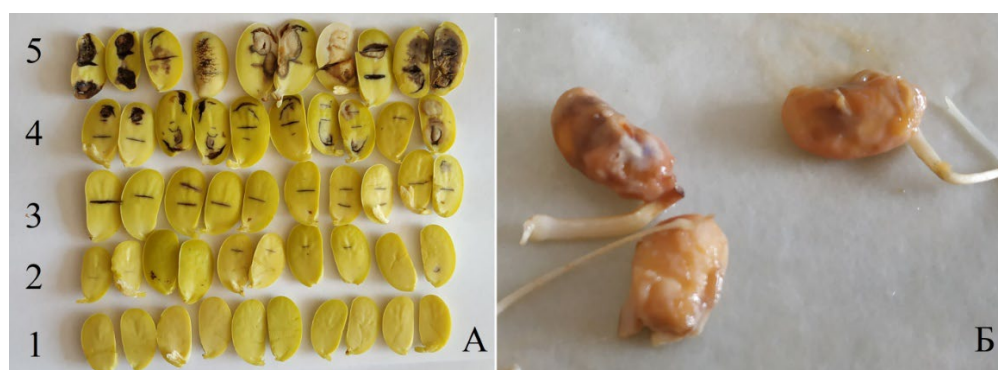


Рис. 3. Симптомы развития бактериальной инфекции сои сорта 75 лет Победы:
А – растрескивание семени: 1 – здоровые семена; 2 – слабое развитие болезни; 3 – среднее; 4,5 – сильное и очень сильное;
Б – полное ослизнение семени

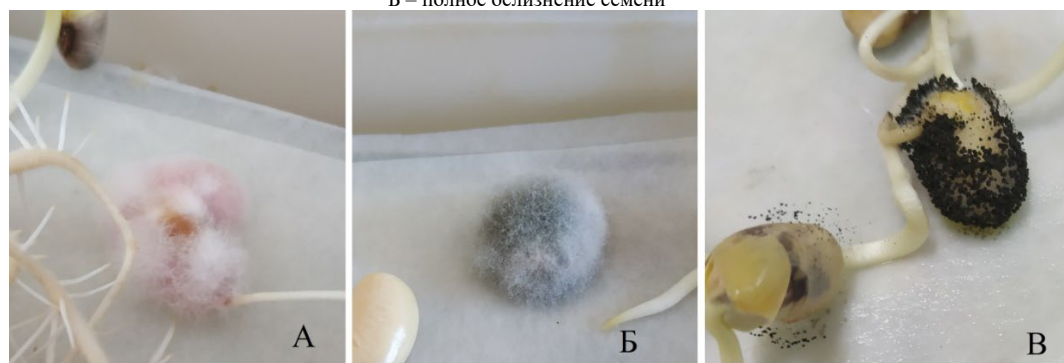
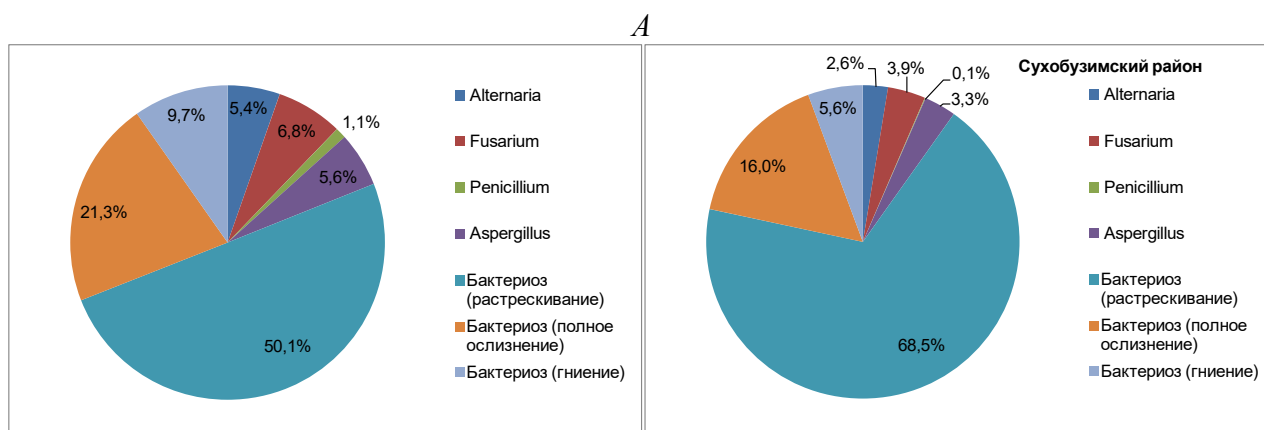


Рис. 4. Семена сои, пораженные грибами р. *Fusarium* (А), р. *Alternaria* (Б) и р. *Aspergillus* (Б)



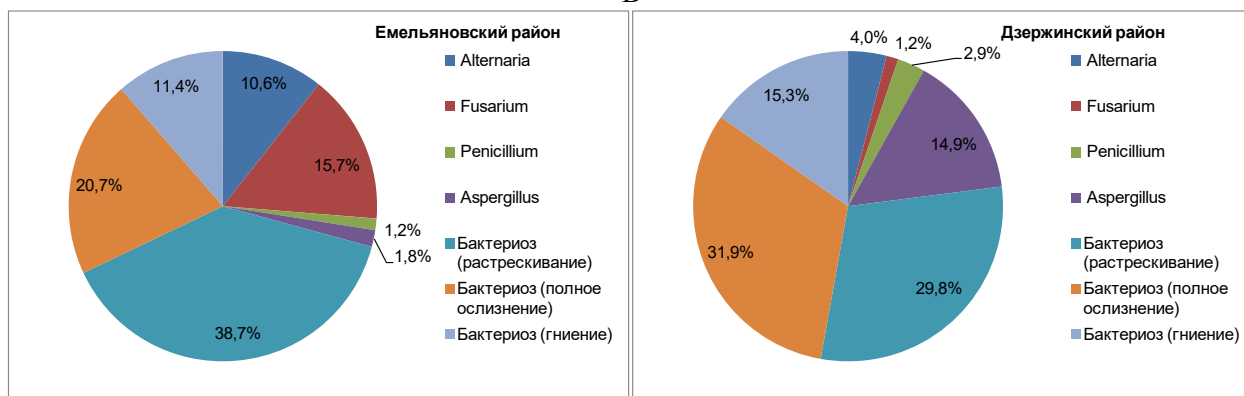


Рис. 5. Состав патокомплекса семян: А – слева – в целом по изученным образцам, справа – в Сухобузимском районе в среднем по образцам; Б – слева – в Емельяновском районе; справа – в Дзержинском районе в среднем по образцам

При этом состав патокомплекса в разных образцах статистически значимо ($p < 0,001$ по тесту χ^2) различался, что связано с происхождением семян.

Дискриминантный анализ показал, что наиболее значимы с точки зрения различия образцов из разных районов распространённость бактериозов гниения, растрескивания и ослизнения, а также грибов р. *Alternaria*. При использовании данных показателей статистическая значимость различий между образцами из разных районов составляет от $p < 0,01$ до $p < 0,001$ (табл. 2).

2. Статистическая значимость различий (p) между образцами из разных районов по распространённости бактериозов гниения, растрескивания и ослизнения, а также грибов р. *Alternaria*

Район	Сухобузимский	Емельяновский	Дзержинский
Сухобузимский	-	0,003441	0,000046
Емельяновский	0,003441	-	0,00009
Дзержинский	0,000046	0,00009	-

При этом образцы из Сухобузимского и Емельяновского районов имеют более высокое сходство между собой, чем с образцами из Дзержинского района (табл. 3, рис. 6).

3. Квадраты расстояния Махаланобиса между группами образцов из разных районов по результатам дискриминантного анализа

Район	Сухобузимский	Емельяновский	Дзержинский
Сухобузимский	-	3,66753	15,20027
Емельяновский	3,66753	-	14,34336
Дзержинский	15,20027	14,34336	-

Известно, что заражённость семян фитопатогенами может влиять на их посевные качества. В связи с разным уровнем распространённости семенных инфекций в исследованных образцах следовало ожидать различий в энергии прорастания и всхожести. Действительно, изученные образцы семян статистически значимо ($p < 0,001$ по тесту χ^2) различались как по энергии прорастания, так и по всхожести (см. табл. 1). Так, энергия прорастания варьировала от 26,5% (сорт Заряница, Дзержинский район) до 98% (сорт Золотистая, Сухобузимский район). Всхожесть варьировала от 61% (сорт Сибириячка, Дзержинский район) до 97% (сорта Сибириада и СибНИИК 315, Емельяновский район). В отдельных случаях всхожесть оказалась меньше энергии прорастания. Это связано с тем, что к моменту определения всхожести проростки погибли из-за бактериоза.

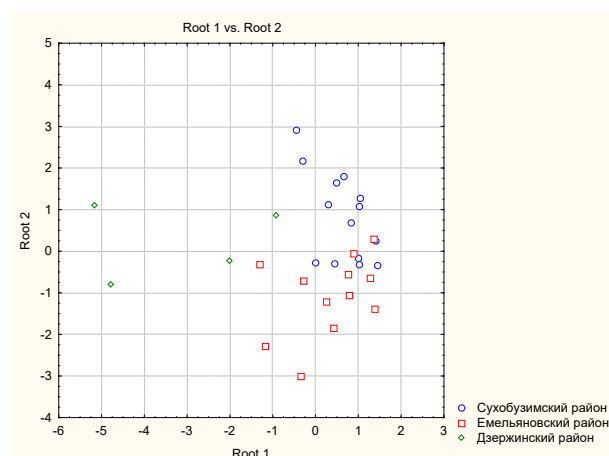


Рис. 6. Проекция образцов семян из разных районов по распространённости бактериозов гниения, растрескивания и ослизнения, а также грибов р. *Alternaria* на первые две канонические переменные (каждая точка соответствует отдельному образцу)

Корреляционный анализ показал, что энергия прорастания и всхожесть семян в изученных образцах отрицательно коррелируют с общей распространённостью инфекции, распространённостью плесневых грибов р.р. *Penicillium* и *Aspergillus*, а также с бактериозами, вызывающими гниение и ослизнение семян (табл. 4).

4. Корреляционные связи энергии прорастания и всхожести семян исследованных образцов с распространённостью семенных инфекций; статистически значимые ($p < 0,05$)

Показатель	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Инфицированные семена, %	-0,440	-0,596
Грибы, %: р. <i>Alternaria</i>	-0,014	0,237
р. <i>Fusarium</i>	0,117	0,217
р. <i>Penicillium</i>	-0,597	-0,437
р. <i>Aspergillus</i>	-0,625	-0,538
Бактериоз, %: растрескивание	0,245	0,094
полное ослизнение	-0,641	-0,890
гниение	-0,684	-0,617

*Коэффициенты корреляции выделены жирным шрифтом.

Наибольшее отрицательное влияние на всхожесть оказал бактериоз, вызывающий полное ослизнение. При этом связь между всхожестью и распространённостью бактериоза описывается линейным уравнением с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,7923$ (рис. 6). На втором месте по негативному эффекту на всхожесть находится бактериоз, вызывающий гниение. Применение множественного регрессионного анализа с включением в качестве независимых переменных распространённости всех выявленных возбудителей не привело к сколько-нибудь

заметному повышению коэффициента детерминации. Таким образом, можно констатировать, что на всхожесть семян изучаемых образцов основное влияние оказывает именно распространённость бактериоза, вызывающего ослизнение.

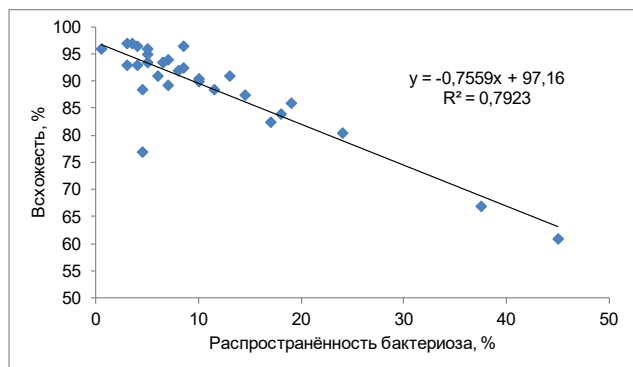


Рис. 6. Влияние распространённости бактериоза, вызывающего полное ослизнение, на всхожесть семян в исследуемом образце (каждый квадратик соответствует отдельному образцу семян)

Заключение. На основе изучения распространённости семенной инфекции в 30 образцах семян сои, относящихся к 19 сортам, полученным в трех районах Красноярского края (Сухобузимский, Емельяновский и Дзержинский, урожай 2023 г.) установлено, что средняя по образцам распространённость семенной инфекции составила 46,1%, статистически значимо ($p < 0,001$ по тесту χ^2) варьируя от 19,5% (сорт СибНИИК 315, Емельяновский район) до 88,5% (сорт Заряница, Дзержинский район). В целом по изученным образцам именно географическое происхождение семян оказало основное и в высокой степени статистически значимое ($p < 0,001$) влияние на распространённость семенной инфекции. Максимальная распространённость (78,4%) отмечена в Дзержинском районе, минимальная (34,3%) в Емельяновском. Возбудители грибных инфекций были представлены грибами р.р. *Alternaria* и *Fusarium*, а также вызывающими плесневение семян представителями р.р. *Penicillium* и *Aspergillus*. Бактериальные инфекции представлены возбудителями растрескивания, полного ослизнения и гниения семян. В целом по набору образцов в составе семенных инфекций преобладали бактериальные инфекции (81,1%).

Состав патоконплекса в разных образцах статистически значимо ($p < 0,001$ по тесту χ^2) различался. Это было

связано не с генотипом, а с географическим происхождением семян. Дискриминантный анализ показал, что наиболее значимыми с точки зрения различия образцов из разных районов являются распространённость бактериозов гниения, растрескивания и ослизнения, а также грибов р. *Alternaria*. Корреляционный анализ выявил, что энергия прорастания и всхожесть семян в изученных образцах отрицательно коррелируют с общей распространённостью инфекции, распространённостью плесневых грибов р.р. *Penicillium* и *Aspergillus*, а также с бактериозами, вызывающими гниение и ослизнение семян. Наибольшее негативное влияние на энергию прорастания и всхожесть оказали возбудители бактериоза, вызывающие ослизнение семян. В этой связи производителям сои следует обратить внимание на борьбу не только с грибными болезнями, но и с бактериозами.

Литература

1. Karlekar A., Seal A. SoyNet: Soybean leaf diseases classification // Computers and Electronics in Agriculture. – 2020. – Т. 172. – С. 105342.
2. Панарина В. И. Соя в России: современное положение на рынке // В сборнике: Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур, 2021. – С. 287-291.
3. Чураков А. А. Направления селекции сои в Красноярском крае / А. А. Чураков // Второй Международный форум «Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России», Омск, 17–20 июля 2018 года / ФГБОУ ВО Омский ГАУ. – Омск: ООО "Полиграфический центр КАН", 2018.
4. Бударина Г. А. Обоснование защиты сои от семенной и почвенной инфекции в условиях севера ЦЧО // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – №. 4 (40). – С. 24-31.
5. Полухин А. А., Сироткина Е. Н. К вопросу защиты сои от семенной инфекции // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК. – 2022. – С. 91-96.
6. Бударина Г. А. Проблемы и пути решения защиты сои и нута от семенной инфекции // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №. 4 (36). – С. 86-92.
7. Выборова Т. А., Безмутко С. В. Фитосанитарное обследование сои в Приморском крае // Дальневосточный аграрный вестник. – 2021. – №. 4 (60). – С. 32-39.
8. Курилова Д. А. Лабораторная оценка эффективности фунгицидов против семенной инфекции сои // Масличные культуры. – 2021. – №. 2 (186). – С. 81-87.
9. Заостровных В. И., Кадунов А. А., Дубовицкая Л. К., Рязанова, О. А. Мониторинг видового состава болезней сои в различных зонах соевосаждения // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – №4 (48). – С. 51-67.
10. Кашеваров Н.И., Солошенко В.А., Васякин Н.И., Лях А.А. Соя в Западной Сибири / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИ кормов. – Новосибирск: Юпитер, 2004. – 256 с.
11. Тишкова А. Г., Золотарева Е.В. Болезни и вредители сои в Хабаровском крае // Защита и карантин растений. – 2017. – № 5. – С. 27-28.
12. Казанцева Е. В., Ашмарина Л. Ф. Распространенность болезней сои в северной лесостепи Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2016. – №. 3. – С. 27-31.

PREVALENCE OF SOYBEAN SEED INFECTION IN THE KRASNOYARSK REGION

S.V. Ovsyankina¹, S.V. Khizhnyak², A.A. Churakov³, P.A. Abolentseva⁴, Yu.I. Serebrennikov⁵, E.A. Vasiliev⁶

^{1,2,3,4,6} Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, 660049, Krasnoyarsk region, Krasnoyarsk, Mira Avenue, 90

⁵ Uysarsky state variety testing site – branch of the State Variety Commission for the Krasnoyarsk Territory and the Republic of Khakassia, 663020, Krasnoyarsk region, Emelyanovsky district, Emelyanovo village, st. Sports, 5, e-mail:sofi-kras@mail.ru

The incidence of seed infection was studied in 30 samples of soybean seeds (*Glycine max*), belonging to 19 varieties obtained in 3 districts of the Krasnoyarsk Territory (Sukhobuzimsky, Emelyanovsky and Dzerzhinsky, harvest 2023). The average incidence of seed infection across samples was 46.1%. The incidence of infection in different samples varied statistically significantly ($p < 0.001$ by χ^2 test), ranging from 19.5% (variety SibNIK-315, Emelyanovsky district) to 88.5% (variety Zaryanitsa, Dzerzhinsky district). The incidence of infection in seeds of the same variety having different geographical origins differed statistically significantly ($p < 0.001$). In general, for the studied samples, it was the origin of the seeds that had the main and highly statistically significant ($p < 0.001$) effect on the incidence of seed infection. The maximum incidence (78.4%) was observed in the Dzerzhinsky district, the minimum (34.3%) in the Emelyanovsky district. The causative agents of fungal infections were represented by genera *Alternaria* and *Fusarium*, as well as representatives of the genera *Penicillium* and *Aspergillus* that cause molding of seeds. Bacterial infections were represented by pathogens causing cracking, complete mucus and rotting of seeds. In general, in the set of samples, bacterial infections prevailed among seed infections (81.1%). The composition of the pathocomplex in different samples differed statistically significantly ($p < 0.001$ by χ^2 test). These differences were not related to the genotype, but to the geographic origin of the seeds. Discriminant analysis showed that the most significant in terms of differences between samples from different regions are the incidence of bacterial diseases of rotting, cracking and mucus, as well as fungi of the genus *Alternaria*. Correlation analysis showed that germination energy and seed germination in the studied samples negatively correlate with the overall incidence of infection, the incidence of mold fungi of genera *Penicillium* and *Aspergillus*, as well as with bacterioses that cause rotting and mucilage of seeds.