

## Поражённость семян гороха (*Pisum sativum* L.) патогенными микроорганизмами

© 2021. Т. П. Градобоева, к. б. н., с. н. с.,  
Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого,  
610007, Россия, г. Киров, ул. Ленина, д. 166а,  
e-mail: tp.gradoboeva@mail.ru

Анализ многолетних данных (2014–2018 гг.) показал высокую заражённость семян гороха патогенами. В результате микологического анализа были идентифицированы грибы родов *Ascochyta*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, а также выявлен возбудитель бактериоза *Pseudomonas syringae* var. *pisi*. Грибы рода *Ascochyta* были представлены двумя видами: *A. pisi* и *A. pinodes*. Среди грибов рода *Fusarium*, выделенных на зерне гороха, преобладали *F. oxysporum* var. *pisi*, *F. avenaceum*, *F. sporotrichioides* и *F. culmorum*. Состав грибов и поражение ими гороха изменялись в зависимости от условий года и сорта. Значительная доля в комплексе семенной инфекции во все годы исследований приходилась на грибы рода *Alternaria*. На зерне они встречались практически на всех сортах (96,5–100,0%), за исключением L-1325 (Швеция). Наибольшую опасность представляют также часто присутствующие в микобиоте семян возбудители аскохитоза (17,4–93,5%), фузариоза (6,5–68,8%) и бактериоза (39,1–80,0%). Отсутствие аскохитоза на семенах отмечено у 12,2%, фузариоза – у 31,2%, бактериоза – у 13,5% из 237 изученных сортов. В результате многолетней оценки выделены перспективные генотипы (Тигра (Германия), Е-3907, Е-3335, Е-3767, Е-4030, Д-23417 (Россия), Кемчуг (Памир)), у которых поражение семян аскохитозом, фузариозом и бактериозом за годы испытания не превысило 4%. Данный показатель имеет важное значение в практической селекции, направленной на создание устойчивых к наиболее вредоносным болезням, экологически безопасных сортов гороха.

**Ключевые слова:** горох, заражённость зерна, устойчивость, аскохитоз, фузариоз, бактериоз.

## Infestation of pea seeds (*Pisum sativum* L.) with pathogenic microorganisms

© 2021. Т. П. Градобоева ORCID: 0000-0002-8712-3083<sup>†</sup>  
Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky,  
166a, Lenina St., Kirov, Russia, 610007,  
e-mail: tp.gradoboeva@mail.ru

Injuriousness of seed infection is very high. So, the aim of our study was estimation of pathogenic microflora on peas seeds and screening of cultivars on seed defeat with most harmful pathogenes. As a result of perennial monitoring of contamination of peas seeds, it is revealed annual existing of fungi of genera *Ascochyta*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* as well as agents of bacteriosis *Pseudomonas syringae* var. *pisi* on their surface. Fungi of genus *Ascochyta* spp. were represented with two species: *A. pisi*, *A. pinodes*. Within fungi of genus *Fusarium* determined on peas seeds, *F. oxysporum* var. *pisi*, *F. avenaceum*, *F. sporotrichioides*, *F. culmorum* prevail. Fungi composition and defeat of cultivars with them varied in dependence of year conditions and cultivar. Significant part in complex of seed infection for all year of study belongs to fungi of genus *Alternaria*. They were met practically on seeds of all cultivars (96.5–100.0%), with except of cultivar L-1325 (Sweden). Most dangerous present agents of diseases often exist in mycobiota of seeds: ascochyta blight (17.4–93.5%), fusariosis (6.5–68.8%) and bacteriosis (39.1–80.0%). 237 cultivars and genotypes of peas of domestic and foreign breeding were studied. For study period (2014–2018) seeds were defeated in the highest degree with ascochyta blight. Hard and very hard degree of defeat of seed with this disease was noted in 27.1 and 19.8% of genotypes. For fusariosis defeat these parameters were 2.5 and 17.3%, for bacteriosis – 31.2 and 1.4%. Absence of ascochyta blight on seeds noted in 12.2%, fusariosis – in 31.2%, bacteriosis – 13.5% of studied cultivars. As a result of perennial evaluation perspective genotypes were selected (Tigra (Germany), E-3907, E-3335, E-3767, E-4030, D-23417 (Russian Federation, Kemchug (Pamir)), which had defeat of seeds with ascochyta blight, fusariosis, and bacteriosis not higher than 4% for all years of study. This parameter has high importance in practical breeding.

**Keywords:** peas, seed contamination, resistance, ascochyta blight, fusariosis, bacteriosis.

Горох посевной (*Pisum sativum* L.) – это культура многоцелевого использования. Широко известно, что он является важнейшим источником кормового и пищевого белка, одним из лучших предшественников для зерновых и других культур [1]. В меньшей степени известно, что горох посевной также очень интересный продукт с технической и медицинской точек зрения. Крахмал семян гороха с высоким содержанием амилазы пригоден для производства биоразлагаемых пластмасс, плёнок и т. д. [2]. В фармокопии фитостерины, выделенные из семян гороха, предлагается использовать для изготовления препаратов, применяемых для профилактики сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [3]. Несмотря на значимость этой культуры, на её долю в России приходится не более 2% от общего производства зерновых и зернобобовых культур [4].

Одним из основных факторов, лимитирующим реализацию генетического потенциала стабильно высокой урожайности современных сортов гороха, являются болезни. Несмотря на большое разнообразие возделываемых сортов гороха, практически все сорта в той или иной степени поражаются болезнями [5, 6]. Аскохитоз и фузариоз гороха – одни из наиболее распространённых и вредоносных болезней гороха, которые снижают качество семян и вызывают серьёзные потери урожая [7, 8]. Очень высока вредоносность семенной инфекции. Заражённость семян может достигать 40%. При сильном поражении аскохитозом семена теряют 50–70% всхожести.

Фузариозом поражаются экономически важные культуры во всём мире [9, 10]. При сильном развитии болезни недобор урожая может достигать 30–50%. Часть возбудителей фузариоза являются продуцентами микотоксинов, которые вызывают микотоксикозы у теплокровных организмов [11]. Семена, поражённые возбудителем бактериоза (*Pseudomonas syringae*), также имеют низкие посевные качества.

Больные семена являются источниками первичной инфекции. Полностью обеззаразить семена гороха, даже при обработке химическими протравителями, невозможно. Сорта сельскохозяйственных культур, а также патогены, поражающие эти культуры, имеют важное средообразующее значение. Сорта, обладающие устойчивостью, экологически безопасны, так как не требуют проведения химической защиты от болезней. Для сортов, восприимчивых к патогенам, необходимы

интенсивные химические обработки. Чаще всего это приводит к загрязнению почвы, грунтовых и поверхностных вод, растительной продукции, частичному уничтожению полезной биоты. Селекция на устойчивость к болезням – одно из приоритетных направлений в селекционных программах [12]. Замена восприимчивых сортов новыми устойчивыми является наиболее доступным экономически и экологически оправданным способом защиты гороха от болезней.

Цель наших исследований – определить патогенную микрофлору на семенах гороха и провести скрининг сортов на низкую поражённость семян наиболее опасными патогенами.

### Объекты и методы исследования

Исследования проводились на Фалёнской селекционной станции (филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) в 2014–2018 гг. Годы проведения исследований, существенно различались между собой по погодным условиям. Гидротермический коэффициент по Селянину в 2014 г. был 1,3; в 2015 г. – 1,5; в 2016 – 0,7; в 2017 – 2,0; в 2018 г. – 0,8. Материалом для изучения являлись 237 сортов и сортообразцов гороха отечественной и зарубежной селекции. Анализ семян гороха на наличие возбудителей болезней проводили методом проращивания семян во влажной камере и с последующей микологической оценкой. Закладку делали в 3–4-х повторениях. Видовой состав грибов определяли, руководствуясь определителями и другой литературой [13–14].

Классификацию генотипов по группам устойчивости проводили по следующей шкале: И – иммунные (по результатам многолетних данных поражения нет); УУ – высокоустойчивые (поражение не более 1–2%); У – устойчивые (не более 3–5%); С – среднеустойчивые (не более 6–10%); В – восприимчивые (не более 11–20%); ВВ – сильно восприимчивые (более 20%). Для иммунологической характеристики использовали самые высокие значения показаний поражения и развития болезни из повторений по годам исследования.

Статистическая обработка данных проведена по [15] с использованием компьютерной программы Agros 2.07.

### Результаты и обсуждение

В результате проведённых исследований было установлено ежегодное присутствие

на семенах гороха грибов родов *Ascochyta*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, а также возбудителей бактериоза *Pseudomonas syringae* var. *pisi*. Грибы рода *Ascochyta* были представлены двумя видами: *A. pisi* Lib. и *A. pinodes* Jones. Среди грибов рода *Fusarium*, выделенных на зерне гороха, преобладали *F. oxysporum* (Schlecht.) var. *pisi* (Hall), *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. sporotrichioides* Sherb. и *F. culmorum* (W.G. Sm.) Sacc.

На семенах одного сорта и даже на одном зерне может одновременно присутствовать несколько видов грибов. Состав грибов и поражение ими гороха изменяются в зависимости от условий года и сорта.

Отмечена незначительная заражённость семян грибами из родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*. Однако в период хранения зерна грибы этих родов могут вызвать плесневение зерна, поэтому следует учитывать их наличие.

Результаты, приведённые на рисунке 1, свидетельствуют, что на семенах гороха чаще всего встречался альтернариоз (возбудитель – *A. alternata* (Fr.) Keissler, Ellis). Частота встречаемости возбудителя этой болезни была высокой во все годы исследования (95,6–100,0%), а её изменчивость по годам – очень низкой (коэффициент вариации (*V*) равнялся 1,9%).

Частота встречаемости возбудителей аскохитоза и бактериоза в 2014, 2015 и 2017 гг. была так же высокой (аскохитоза – 93,5; 91,4; 70,8%, бактериоза – 78,3; 80,0; 75,0% соответственно) и более низкой в 2016 и 2018 гг. (45,8; 17,4 и 52,1; 39,1% соответственно). В меньшем количестве встречались грибы рода *Fusarium*. Значения признака оказались самыми нестабильными (*V* = 71,9%) и распределились по годам следующим образом: от 2014 г. к 2018 г. – 6,5; 55,6; 12,5; 68,8 и 45,6%.

Дисперсионный двухфакторный анализ выявил, что при поражении семян фузариозом

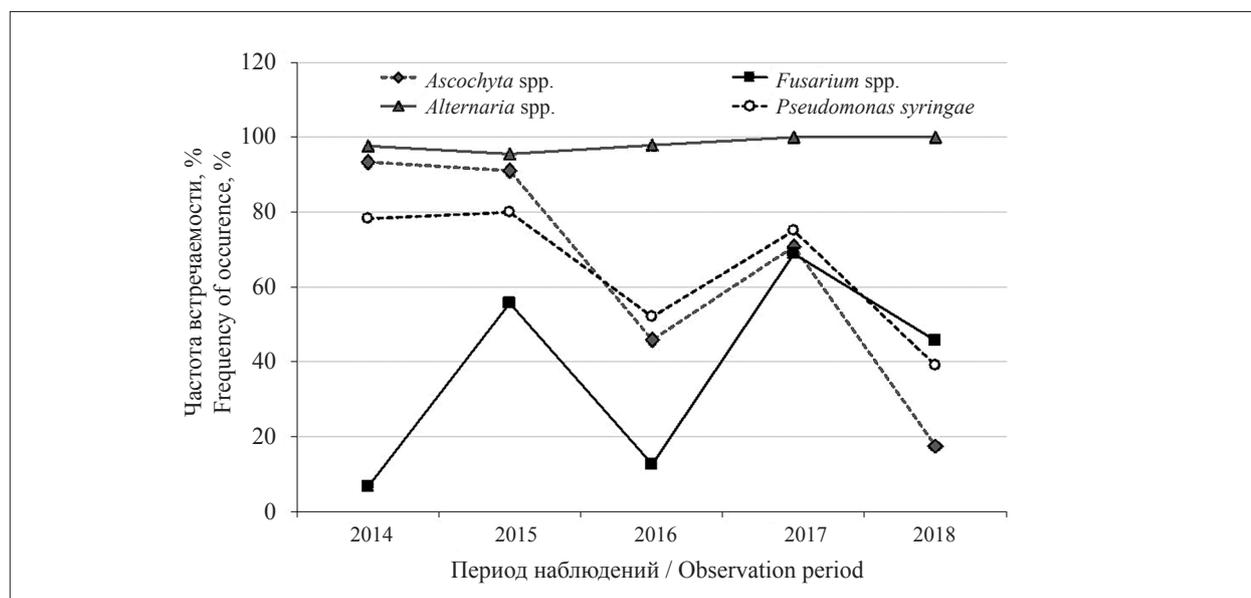


Рис. 1. Частота встречаемости возбудителей болезни на сортах гороха в период наблюдений  
 Fig. 1. Frequency of occurrence of disease agent on peas cultivars during the observation period

Таблица 1 / Table 1

Влияние условий года и сорта на поражение семян различных генотипов гороха  
 Influence of year and variety conditions on seed damage of different peas genotypes

Факторы Factors	Доля фактора в проявлении болезни, % Share of factor in disease manifestation, %			
	аскохитоз ascochyta blight	фузариоз fusariosis	альтернариоз alternaria blight	бактериоз bacteriosis
А (сорт) A (cultivar)	23,7	20,0	10,1	23,0
В (условия года) B (conditions of year)	20,0	8,6	54,1	16,4
Взаимодействие АВ A x B interaction	30,6	29,0	22,6	29,0

и бактериозом большее значение имеет фактор сорта, а также его сочетание с условиями года (табл. 1). Доля сорта и доля погодной составляющей в поражении семян аскохитозом примерно одинаковы, а их взаимодействие усиливает поражение. Доля сорта в поражении семян альтернариозом не превышала 10,1%. Доля погодной составляющей в проявлении болезни была высокой – 54,1%.

Из факторов погодной составляющей на частоту встречаемости возбудителей аскохитоза, бактериоза, альтернариоза и поражения ими семян наибольшее влияние оказывали влажность, количество дней с осадками в период вегетации; фузариоза – количество дней с осадками. Отмечено, что чем больше дней с осадками и высокой влажностью, тем сильнее поражение аскохитозом. Коэффициент корреляции ( $r$ ) между поражением семян аскохитозом и суммой минимальной влажности  $\geq 70$  и  $80\%$  составил соответственно 0,44 и 0,51; между поражением и количеством дней с указанной влажностью – 0,41 и 0,51 ( $p \leq 0,05$ ); между поражением и суммой осадков – 0,44; поражением и количеством дней с осадками – 0,53. При минимальной влажности 50 и 60% значение  $r$  равнялось 0,43 и 0,41 ( $p \leq 0,05$ ).

Установлена высокая достоверная степень взаимосвязи между заражённостью зерна бактериозом и суммой минимальной влажности  $\geq 50$  и  $60\%$  и количеством дней с этой влажностью – 0,87 и 0,91; 0,84 и 0,90 ( $p \leq 0,01$ ). Более высокая влажность и количество дней с этой влажностью также значимы для поражения семян бактериозом. Однако статистические данные показывают, что корреляционная связь с возрастанием влажности ослабевает. Так, например, коэффициент корреляции между поражением и минимальной влажностью  $\geq 70$  и  $80\%$ , поражением и количеством

дней с этой влажностью был 0,81 ( $p \leq 0,01$ ) и 0,71 ( $p \leq 0,05$ ), соответственно. Поражение семян бактериозом также, как поражение аскохитозом, в меньшей степени зависит от суммы осадков в период вегетации ( $r = 0,44$ ), чем от количества дней их выпадения ( $r = 0,77$ ). На поражение альтернариозом в равной степени влияют сумма осадков ( $r = 0,60$ ) и количество дней их выпадения ( $r = 0,59$ ). Выявлена положительная корреляционная связь между поражением семян альтернариозом и суммами относительной минимальной влажности воздуха выше или равных 50% ( $r_{\text{влажность}} = 0,53$ ,  $r_{\text{дни}} = 0,55$ ), 60% ( $r_{\text{влажность}} = 0,54$ ,  $r_{\text{дни}} = 0,56$ ), 70% ( $r_{\text{влажность}} = 0,49$ ,  $r_{\text{дни}} = 0,48$ ), 80% ( $r_{\text{влажность}} = 0,22$ ,  $r_{\text{дни}} = 0,22$ ).

По сумме среднесуточных температур  $\geq 20$  и  $25^\circ\text{C}$  и количеству дней с этими температурами наблюдалась обратная зависимость проявления всех отмеченных выше болезней.

Несмотря на то, что изменчивость частоты встречаемости альтернарии на семенах гороха по годам была очень низкой, пределы изменчивости поражения сортов по годам были нестабильны. Сорта различались по поражению семян возбудителем болезни. Диапазон между минимальным и максимальным поражением у сортов был высоким – от 0% у L-1325 до 94,0% у E-630 (табл. 2). Патогеном поражались все исследуемые сорта, за исключением L-1325 (Швеция).

Изменчивость поражения семян аскохитозом, фузариозом и бактериозом по годам была значительной.

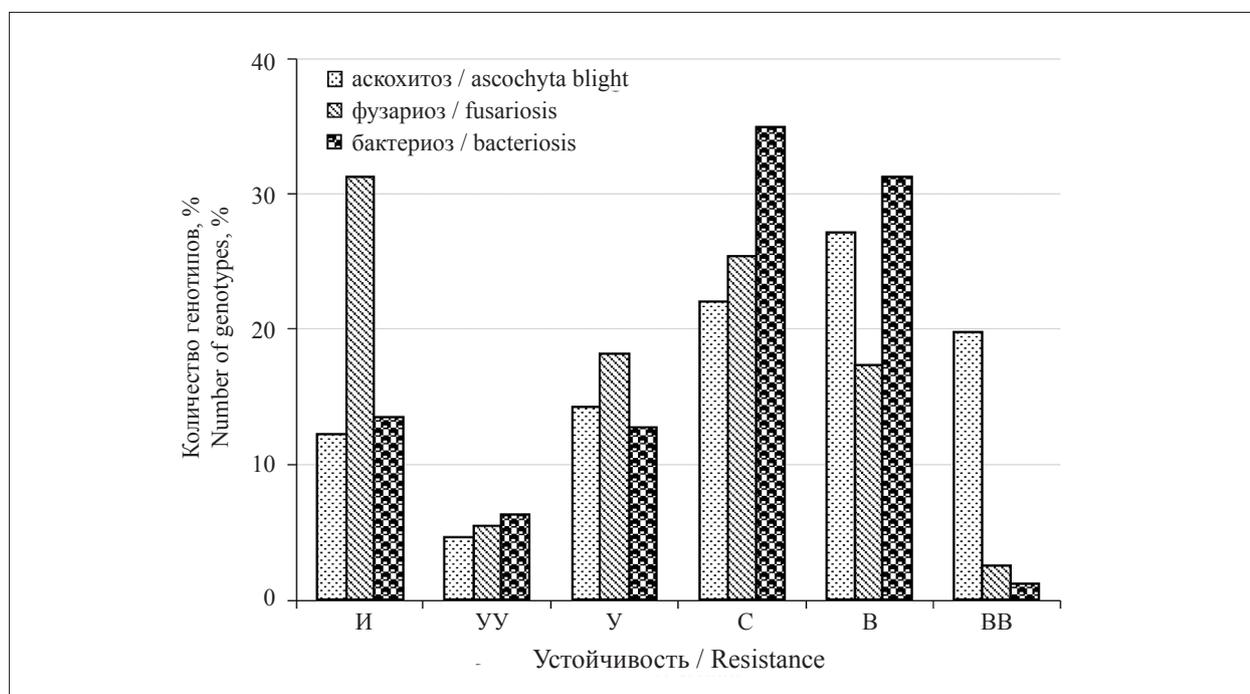
Количества сортов с отсутствием признаков поражения семян в период с 2014 по 2018 гг., распределилось следующим образом: аскохитозом – 13,3; 7,8; 57,5; 34,3; 59,6%; фузариозом – 68,1; 40,0; 87,7; 32,3; 57,7%; бактериозом – 15,0; 10,4; 40,6; 26,3; 71,4% соответственно.

Таблица 2 / Table 2

Поражение семян гороха / Defeat of peas seeds

Болезни Diseases	Поражение по годам, % / Defeat in different years, %									
	2014		2015		2016		2017		2018	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Аскохитоз Ascochyta blight	10,5	0–50,0 $V = 82$	13,6	0–52,0 $V = 73$	3,1	0–48,0 $V = 151$	5,2	0–32,0 $V = 116$	2,6	0–28,0 $V = 148$
Фузариоз Fusariosis	0,5	0–12,0 $V = 472$	3,5	0–38,0 $V = 128$	0,6	0–8,0 $V = 310$	4,3	0–20,0 $V = 104$	3,4	0–24,0 $V = 160$
Альтернариоз Alternaria blight	17,1	0–60,0 $V = 55$	16,1	0–72,0 $V = 89$	29,8	0–92,0 $V = 72$	67,9	10,0–94,0 $V = 25$	36,3	9,0–72,0 $V = 41$
Бактериоз Bacteriosis	8,6	0–30,0 $V = 78$	9,1	0–62,0 $V = 91$	4,4	0–20,0 $V = 112$	6,5	0–62,0 $V = 114$	2,5	0–40,0 $V = 201$

Примечание: 1\* – среднее; 2\* – min-max / Note: 1\* – average; 2\* – min-max.



**Рис. 2.** Структура устойчивости генотипов гороха: И – иммунные, УУ – высокоустойчивые, У – устойчивые, С – среднеустойчивые, В – восприимчивые, ВВ – сильно восприимчивые  
**Fig. 2.** Structure of resistance in peas genotypes: И – immune, УУ – highly resistant, У – resistant, С – middle resistant, В – susceptible, ВВ – highly susceptible

**Таблица 3 / Table 3**

Поражение сортов гороха болезнями, 2014–2019 гг.  
 Defeat of peas cultivars with diseases, 2014–2019

Сорт Cultivar	Географическое происхождение Geographical origin	Поражение, % / Defeat, %		
		аскохитоз ascochyta blight	фузариоз fusariosis	бактериоз bacteriosis
Тигра	Германия / Germany	0	0	0
Е-3907	Кировская область / Kirov region	0	0	0–4
Красивый / Krasivy	Нижегородская, Кировская области Nizhny Novgorod, Kirov region	0–2	0	0
Кемчуг / Kemchug	Памир / Pamir	0–2	0–2	0
Е-3335	Кировская область / Kirov region	0–4	0	0
Д-23417		0–4	0	0–4
Е-3767		0–4	0	0
Е-4030		4	0	0
Орёл 330 / Orel 330	Орловская область / Orel region	4	0–2	0
WRH 892 Ji 843	Англия / Great Britain	0	0	0–8
Флора / Flora	Московская область / Moscow region	0	0	0–8
Е-182	Кировская область / Kirov region	0–2	0	4–10
Е-3977		0–2	0	0–8
Верхолузская Verkholuzskaaya	Республика Коми / Komi Republic	0–4	0–6	0–4
Е-3588	Кировская область / Kirov region	0–4	0–4	0–10
Рябчик / Ryabchik		0–4	0–12	0–6
Красноуфимский 93 Krasnoufimsky 93	Свердловская область / Sverdlovsk region	0–26	0–16	0–30

Несмотря на то, что в исследуемые годы *Alternaria* spp. присутствовала практически на всех сортах, по мнению [16], способна продуцировать некоторые токсичные метаболиты, вредоносность альтернариоза значительно ниже, чем при поражении аскохитозом, фузариозом и бактериозом. При посеве альтернариозных семян в почву сильного снижения их всхожести не наблюдалось, а поражённость растений корневой гнилью оставалась на уровне контроля [17].

Исходя из того, что зависимость между поражением бобов и семян аскохитозом отсутствует [18], а устойчивость растений, и даже отдельных органов, к возбудителям этой болезни контролируется различными генами [19], изучение устойчивости сортов по семенам имеет большое значение для создания сортов с комбинированной устойчивостью стебля, листьев, бобов и семян. Экономически значимыми вредными болезнями гороха во всем мире являются аскохитоз и фузариоз, поэтому оценка на устойчивость проводилась к этим болезням.

Сильнее всего семена поражались аскохитозом. Сильная и очень сильная степень поражения семян этой болезнью была отмечена у 27,1 и 19,8% генотипов (рис. 2). По поражению фузариозом эти показатели равнялись 2,5 и 17,3%, бактериозом – 31,2 и 1,4%. Ко всем болезням доля высокоустойчивых и устойчивых форм была примерно одинаковой (в отношении аскохитоза – 4,6 и 14,3%, фузариоза – 5,5 и 18,2%, бактериоза – 6,3 и 12,7%). Во все годы исследований были выделены сорта, у которых не было видимого поражения семян аскохитозом, фузариозом и бактериозом.

У сорта *Tigra* в период испытания поражение семян аскохитозом, фузариозом и бактериозом не наблюдалось (табл. 3). Выявлена группа перспективных источников, которые сочетали в генотипе очень высокую устойчивость к аскохитозу и фузариозу с устойчивостью к бактериозу (Е-3907); высокую устойчивость к аскохитозу и очень высокую устойчивость к фузариозу и бактериозу (Красивый); высокую устойчивость к аскохитозу и фузариозу и очень высокую устойчивость к бактериозу (Кемчуг); устойчивость к аскохитозу и очень высокую устойчивость к фузариозу и бактериозу (Е-3335, Е-3767, Е-4030). Сорт Д-23417 имел слабое поражение семян аскохитозом и бактериозом и не поражался фузариозом. Такие сорта, как WPH 892 Ji 843, Флора, Е-182, Е-3977, обладающие очень

высокой устойчивостью к фузариозу и высокой или очень высокой устойчивостью к аскохитозу, при этом в средней степени поражающиеся бактериозом, могут быть так же предложены для селекции на устойчивость к болезням. Сорта Верхолузская и Е-3588, характеризующиеся устойчивостью к аскохитозу и средней устойчивостью к фузариозу и бактериозу, вероятно, также будут интересны для практической селекции как источники аскохитозоустойчивости.

## Заключение

Изучение заражённости зерна гороха ежегодно выявляло наличие грибов родов *Ascochyta*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, а также возбудителей бактериоза *Pseudomonas syringae* var. *pisi*.

На зерне исследуемых сортов чаще всего встречались возбудители альтернариоза (96,5–100,0%). Частота встречаемости возбудителей аскохитоза (17,4–93,5%) и бактериоза (39,1–80,0%) была также высокой. В меньшем количестве встречались грибы рода *Fusarium* (6,5–68,8%).

Состав грибов и поражение ими сортов изменялись в зависимости от условий года и сорта. Из факторов погодной составляющей на частоту встречаемости возбудителей аскохитоза, бактериоза, альтернариоза и поражения ими семян наибольшее влияние оказывали влажность, количество дней с осадками в период вегетации, фузариоза – количество дней с осадками.

В результате многолетней оценки выделены перспективные сорта *Tigra*, Е-3907, Е-3335, Е-3767, Е-4030, Д-23417, Кемчуг, у которых поражение семян за годы испытания не превысило 4,0%. Данный показатель имеет важное значение в практической селекции, направленной на создание устойчивых сортов, которые позволяют сократить использование химических средств защиты растений от болезней и способствовать оздоровлению экологической обстановки.

*Работа выполнена в рамках государственного задания № 0767-2019-0097.*

## References

1. Kuz'mina S.P., Kazydub N.G., Bondarenko E.V. Use of cluster analysis in vegetable peas breeding // Vestnik NGAU. 2018. No. 1. P. 35–42 (in Russian).

2. Bograchtva T., Topliff J., Meares C. Starch thermo-plastic films from a range pea (*Pisum sativum*) mutants // 5th Europ. Conf. on Grain Legumes. Dijon-France, 2004. P. 47–48.
3. Krasnuk I.I., Glinkina A.E., Trishin A.V., Gradushko A.T., Danenko F.V. Pea sisterin: biological activity // Farmacia. 2009. No. 5. P. 18–20 (in Russian).
4. Review of peas market [Internet recourse] <http://ideiforbiz.ru/obzor-rynka-goroha-v-rossii.htm> (Accessed: 19.05.2018) (in Russian).
5. Agryamanesh N., Byrne O., Hardie D., Khan T., Siddique K., Yan G. Large – scale density – based screening for pea weevil resistance in advanced backcross lines derived from cultivated field pea (*Pisum sativum*) and *Pisum fulvum* // Crop Pasture Sci. 2012. V. 63. No. 7. P. 612–618. doi: 10.1071/CP12225
6. Li W., Deng Y., Ning Y., He Z., Wang G.-L. Exploiting broad-spectrum disease resistance in crops: from molecular dissection to breeding // Annual Review of Plant Biology. 2020. V. 71. P. 575–603. doi: 10.1146/annurev-arplant-010720-022215
7. Rubiales D., Fondevilla S., Chen W., Gentzbittel L., Higgins T.J.V., Castillejo M.A., Singh K.B., Rispail N. Achievements and challenges in legume breeding for pest and disease resistance // Critical Reviews in Plant Sciences. 2015. V. 34. No. 1–3. P. 195–236. doi: 10.1080/07352689.2014.898445
8. Olle M., Sooväli P. The severity of field pea diseases depending on sowing rate and variety // Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science. 2020. V. 70. No. 7. P. 556–563. doi: 10.1080/09064710.2020.1803958
9. Thomas R. Gordon *Fusarium oxysporum* and the *Fusarium* wilt syndrome // Annual Review of Phytopathology. 2017. V. 55. P. 23–39.
10. Zitnick-Anderson K., Simons K., Pasche J.S. Detection and qPCR quantification of seven *Fusarium* species associated with the root rot complex in field pea // Canadian Journal of Plant Pathology. 2018. V. 40. No. 2. P. 261–271. doi: 10.1080/07060661.2018.1429494
11. Gagkaeva T.Yu., Gavrilova O.P. Grain contamination with fungi *Fusarium* in Krasnodar and Stavropol' territories // Zashchita i karantin rasteniy. 2014. No. 3. P. 30–32 (in Russian).
12. Poland J., Rutkoski J. Advances and challenges in genomic selection for disease resistance // Annual Review of Phytopathology. 2016. V. 54. P. 79–98. doi: 10.1146/annurev-phyto-080615-100056
13. Bilaj V.I. *Fusarium*. Kiev: Naukova dumka, 1977. 441 p. (in Russian).
14. Shirokikh A.A., Shirokikh I.G., Sheshegova T.K. Atlas of microorganisms of agricultural crops. Kirov: Kirovskaya oblastnaya tipographiya, 2004. 48 p. (in Russian).
15. Dospekhov B.A. Methods of field experiment. Moskva: Kolos, 1985. 336 p. (in Russian).
16. Gannibal F.B., Orina A.S., Levitin M.M. Alternariosis of agricultural crops in territory of Russia // Zashchita i karantin rasteniy. 2010. No. 5. P. 30–32 (in Russian).
17. Gagkaeva T.Yu., Dmitriev A.P., Pavlyushin V.A. Grain microbiota – parameter of its quality and safety // Zashchita i karantin rasteniy. 2012. No. 9. P. 14–18 (in Russian).
18. Gradoboeva T.P. Peas cultivar resistance against ascochytiopsis under changing environmental conditions // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2017. No. 2. P. 17–22 (in Russian).
19. Chekalin N.M. Genetical basis of legumes breeding for resistance against pathogenes. Poltava: Intergrafika, 2003. 186 p. (in Russian).