

*Анна Алексеевна КРИВОНОГОВА —  
аспирант кафедры ботаники и биотехнологии  
растений Тюменского государственного  
университета*

*Наталья Николаевна КОЛОКОЛОВА —  
доцент кафедры ботаники и биотехнологии  
растений Тюменского государственного  
университета, кандидат биологических наук*

*Нина Анатольевна БОМЕ —  
зав. кафедрой ботаники и биотехнологии  
растений Тюменского государственного  
университета, доктор сельскохозяйственных  
наук, профессор*

УДК 632.4:6331635

---

### **РАЗНООБРАЗИЕ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ НА СЕМЕНАХ ГОРОХА ПОСЕВНОГО (*PISUM SATIVUM* L.) И ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАСТЕНИЙ В РАННЕМ ОНТОГЕНЕЗЕ**

*АННОТАЦИЯ. В статье представлены результаты фитопатологического анализа семян гороха посевного (*Pisum sativum* L.). Установлена корреляция между зараженностью фитопатогеном и количественными признаками гороха.*

*The author present the results of phytopathological analysis seed of pea (*Pisum sativum* L.). It was established correlation between infection of phytopathogen and quantitative sign's of pea.*

В связи с высокой потребностью в пищевом и кормовом белке особая роль среди сельскохозяйственных культур отводится гороху, который возделывается во всех регионах страны [1]. При рациональном использовании горох позволяет увеличивать производство высокобелкового зерна для продовольственных целей, сбалансированных по белку кормов, и, благодаря накоплению азота, увеличить плодородие полей [2].

Для правильного заключения о пригодности семенного материала необходимо проводить фитопатологический анализ семян [3]. Фитопатологическая экспертиза семян является важнейшим этапом их подготовки к посеву и предназначена для выявления зараженности семян фитопатогенами [4]. Представители всех фитопатогенных микроорганизмов могут сохраняться в семенном и посадочном материале в виде примесей, на поверхности или внутри семян [5]. Зараженные семена имеют пониженную энергию прорастания и всхожесть, являются причиной развития ослабленных, низкопродуктивных растений. Больные семена нередко бывают источниками первичной инфекции [4].

К числу наиболее распространенных и вредоносных болезней гороха относятся фузариозы и аскохитозы [5]. Фузариозные заболевания на горохе проявляются в виде корневой гнили, увядания растений, гнили бобов и семян. Вредоносность заболевания заключается в изреживании посевов, при сильном развитии недобор урожая может достигать 30% [6]. Аскохитоз распространен повсеместно и поражает все бобовые культуры. Болезнь приводит к изреживанию посевов. При силь-



ном развитии недобор зеленой массы достигает 3-5 т/га, зерна — 0,2-0,7 т/га. Инфекция сохраняется на семенах и растительных остатках [5].

### Материал и методика исследований

Исследования проводились на кафедре ботаники и биотехнологии растений Тюменского государственного университета. Объектом исследования служил горох посевной сорта Губернатор, районированный в Тюменской области.

Определение лабораторной всхожести и энергии прорастания семян, а также фитопатологический анализ проводились по стандартной методике. В стерильные чашки Петри (20 штук) помещали фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой. В каждую чашку Петри помещали по 10 семян гороха посевного (сорт Губернатор). Чашки оборачивали пергаментной бумагой и оставляли при температуре 20°C. На 3 сутки была определена энергия прорастания, на 6 — лабораторная всхожесть семян [7].

Анализ семян гороха посевного на наличие возбудителей болезней проводился биологическим методом при проращивании семян во влажной камере [8]. По каждой пробе подсчитывали общее количество семян, пораженных тем или иным возбудителем, а также количество семян, зараженных грибами определенного рода. Для этого проводили микроскопические исследования каждого семени и определяли состав его микрофлоры. Идентификацию грибов проводили по культурально-морфологическим признакам с использованием определителей и справочников [9,10]. При проведении фитоанализа у проростков гороха учитывались длина главного корня, количество боковых корней, длина побега, масса побега, масса всех корней, степень поражения семян, вид патогена.

Индекс распространенности болезни рассчитывали по формуле:

$$P = n \times 100 / N,$$

где P — распространенность болезни (%), N — общее число растений, n — количество больных растений [9].

Индекс развития болезни определяли по формуле:

$$R = \sum (a \times b) \times 100 / NK,$$

где R — развитие болезни (%),  $\sum (a \times b)$  — сумма произведений числа больных растений (a) на соответствующий им балл поражения (b), N — общее число учтенных растений, K — высший балл шкалы учета [11].

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась по стандартной методике Г. Ф. Лакина [12].

### Результаты исследований и их обсуждение

Прорастание семян в значительной степени определяет дальнейший рост и развитие растений. Основными показателями качества посевного материала являются энергия прорастания и лабораторная всхожесть.

Для семян гороха посевного сорта Губернатор показатель энергии прорастания составил  $21,0 \pm 4,86\%$ , лабораторная всхожесть —  $63,0 \pm 3,32\%$ . Невысокая всхожесть объясняется присутствием в составе микрофлоры фитопатогенных грибов. Общая зараженность семян гороха посевного фитопатогенной микрофлорой составила  $63,5\%$ . Количество зараженных семян не всегда служит основным пока-



зателем качества. Гораздо большее значение имеет состав семенной микрофлоры и степень поражения семян тем или иным возбудителем.

Среди фитопатогенных грибов, заселяющих семена гороха, были обнаружены представители 6 родов (*Ascochyta spp.*, *Alternaria spp.*, *Penicillium spp.*, *Fusarium spp.*, *Mucor spp.*, *Aspergillus spp.*), из которых доминирующим был р. *Alternaria*. Число семян гороха, на которых присутствовал данный патоген, составило 35,0%. Часто семена были заражены двумя и более видами патогенов (рис. 1). На 48,5% семян присутствовал 1 вид фитопатогена. 13,0% семян были заражены 2 видами фитопатогенных грибов. Микрофлора 2,0% семян была представлена 3 и более видами фитопатогенов.

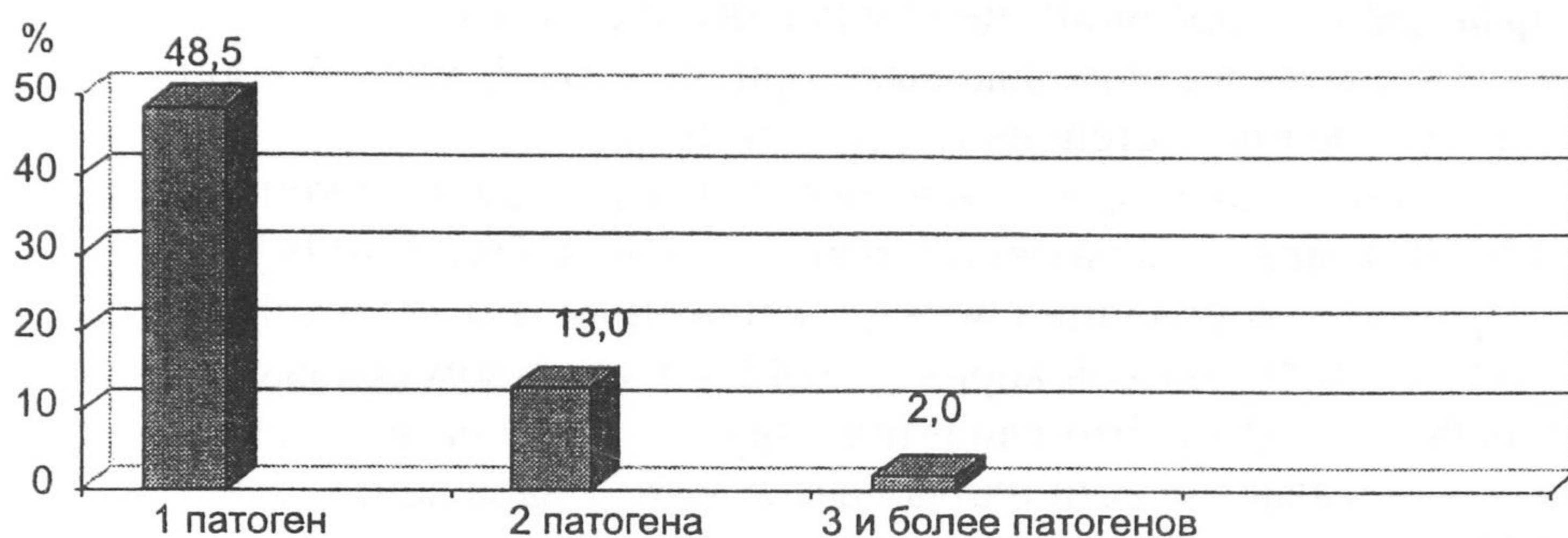


Рис. 1. Зараженность семян гороха посевного (*Pisum sativum* L.) фитопатогенными грибами

Распространенность болезни, или частота встречаемости болезни, — это количество пораженных растений (отдельных органов) определенным патогеном. Сапрофитная микрофлора была обнаружена на 71,0% семян гороха посевного (рис. 2). Индексы распространенности у *Ascochyta spp.* и *Alternaria spp.* составил 29,0% и 35,0%, соответственно. *Mucor spp.* и *Aspergillus spp.* имели небольшой индекс распространенности болезни — 0,5%. Грибы р. *Fusarium* были обнаружены на 7,5% семян гороха посевного.

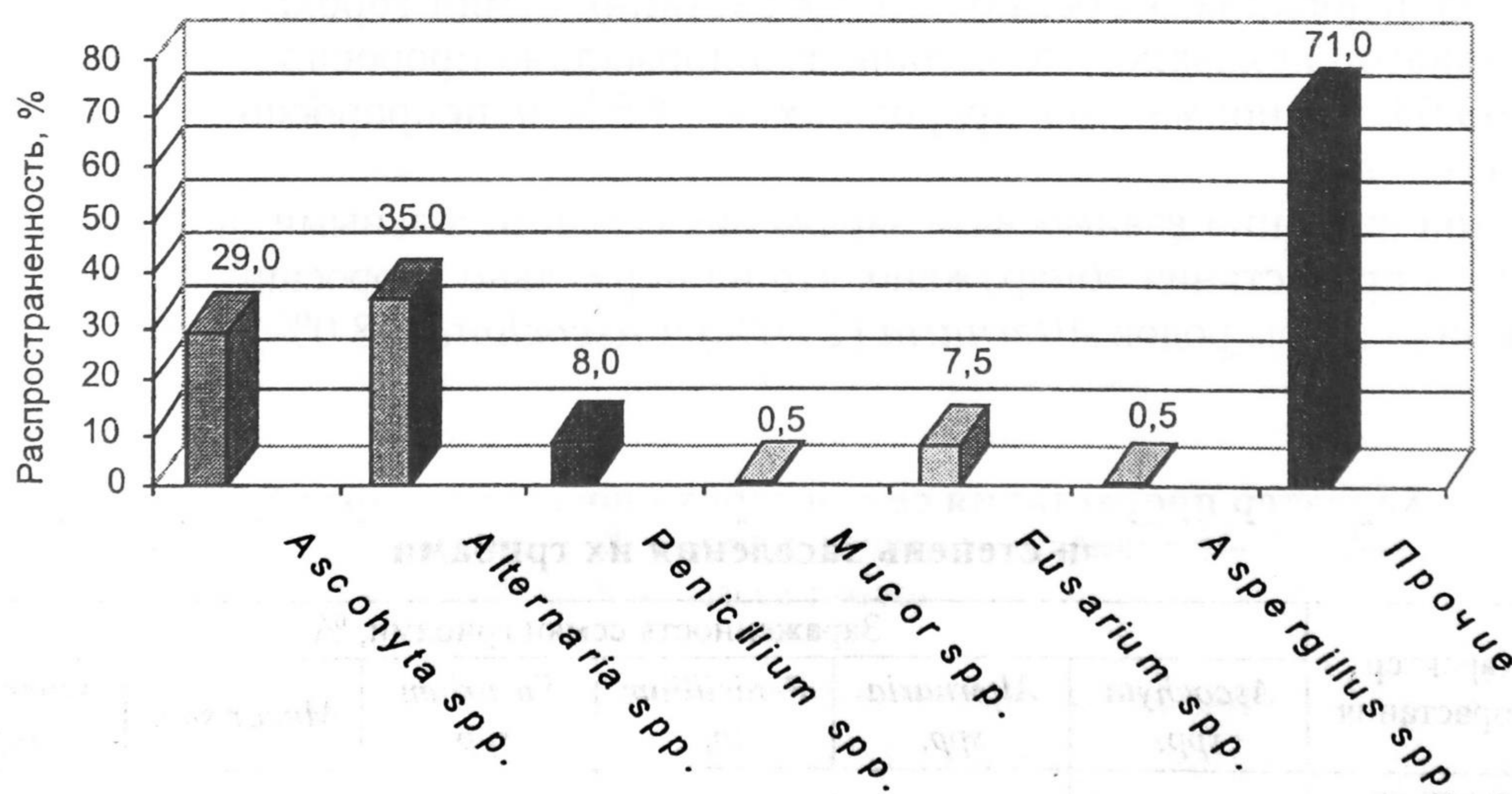


Рис. 2. Микрофлора семян гороха посевного (*Pisum sativum* L.)

Для болезней, которые проявляются в виде пустул, пятнистостей, налетов и т. д., кроме распространенности, проводят учет степени развития болезни (R). Для ее определения используют глазомерные условные шкалы с балльной оценкой.



*Ascochyta spp.* и *Alternaria spp.* имели индексы развития 18,5% и 15,2%, соответственно. Наименьшие индексы развития характерны для *Mucor spp.* и *Aspergillus spp.* — 0,5%. Индекс развития *Fusarium spp.* составил 6,2%.

Коэффициент корреляции — показатель связи, получивший широкое применение на практике. Это отвлеченное число, лежащее в пределах от -1 до +1. При независимом варьировании признаков, когда связь между ними отсутствует,  $r=0$ . Чем сильнее связь между признаками, тем больше значение коэффициента корреляции. Если корреляционное отношение больше 0,7, то связь сильная; если изменяется от 0,3-0,7 — средняя; если меньше 0,3 — слабая [62]. Изучение взаимосвязи развития болезни и основных количественных признаков показало, что коэффициент корреляции между поражением *Fusarium spp.* и длиной корня составил 0,45; количеством боковых корней — 0,32; массой корня — 0,34, что указывает на среднюю степень взаимосвязи (рис. 3).

Установлена слабая степень взаимосвязи между зараженностью и длиной побега ( $r=0,08$ ), между зараженностью и массой побега ( $r=0,14$ ).

Коэффициент корреляции между зараженностью *Alternaria spp.* и длиной корня составил 0,46; массой корня — 0,42; количеством боковых корней — 0,44; длиной побега — 0,45. Это свидетельствует о средней взаимосвязи признаков. Низкая степень взаимосвязи наблюдается между зараженностью и массой побега — 0,27.

Низкая степень взаимосвязи установлена между зараженностью *Penicillium spp.* и длиной корня — 0,23; количеством боковых корней — 0,25; массой корня — 0,06; длиной побега — 0,04; массой побега — 0,22.

Коэффициент корреляции между зараженностью *Ascochyta spp.* и длиной корня составил 0,46; количеством боковых корней — 0,39; массой корня — 0,5. Это указывает на среднюю степень взаимосвязи между данными признаками. Слабая взаимосвязь наблюдается между зараженностью и длиной побега — 0,19; зараженностью и массой побега — 0,12.

Таким образом, фитопатогенные грибы оказывают большее негативное влияние на развитие корневой системы проростков гороха посевного.

Исследование особенностей прорастания семян гороха посевного сорта Губернатор показало, что количество нормально проросших семян составило 63,0%; ненормально проросших — 4,5% и непроросших — 32,5% от общего числа.

При изучении взаимосвязи заражения семян отдельными патогенами и характера прорастания обнаружено, что на нормально проросших семенах доминировали грибы родов *Alternaria* (23,0%) и *Ascochyta* (18,0%) (табл. 1).

Таблица 1

**Характер прорастания семян гороха посевного сорта Губернатор  
и степень заселения их грибами**

Характер прорастания	Зараженность семян грибами, %					
	<i>Ascochyta spp.</i>	<i>Alternaria spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Mucor spp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>
Нормально проросшие	18,0	23,0	6,5	3,0	0,5	0,5
Ненормально проросшие	—	1,0	0,5	0,5	—	—
Непроросшие	11,0	11,0	1,0	4,0	—	—



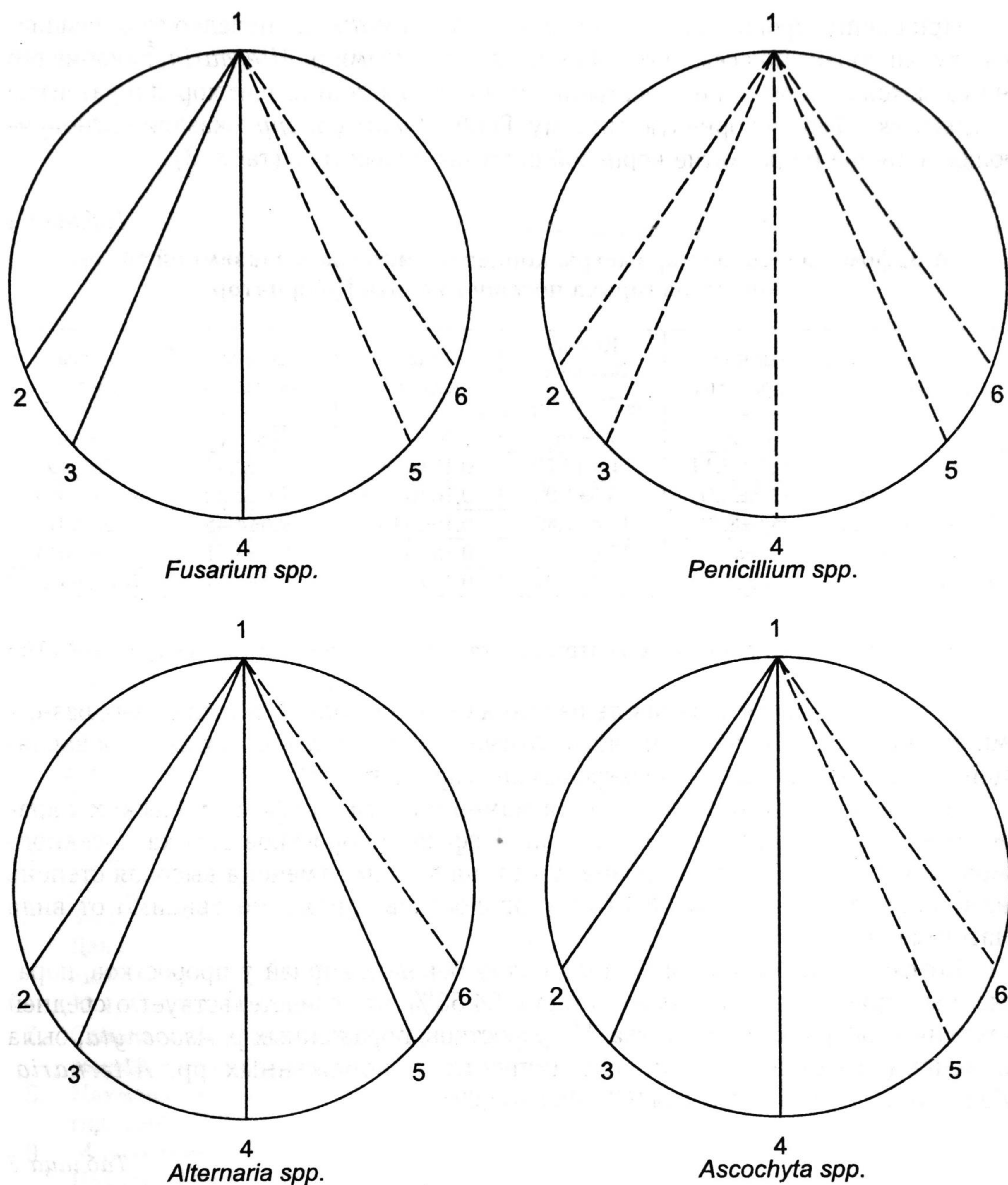


Рис. 3. Взаимосвязь зараженности проростков фитопатогенным грибом и основных морфометрических признаков растений гороха посевного (*Pisum sativum* L.)

— — — — слабая ( $r < 0,3$ ) — — — — средняя ( $r = 0,3-0,7$ ) — — — — сильная ( $r > 0,7$ )

Примечание: 1 — зараженность, 2 — длина корня, 3 — количество боковых корней, 4 — масса корня, 5 — длина побега, 6 — масса побега

На ненормально проросших семенах в незначительных количествах отмечены грибы родов *Alternaria* (1,0%), *Penicillium* (0,5%) и *Fusarium* (0,5%). На непроросших семенах доминировали грибы из родов *Ascochyta* (11,0%) и *Alternaria* (11,0%).

При определении вредоносности семенной микрофлоры особое внимание необходимо уделять оценке проростков, так как именно состояние проростков в большей степени характеризует качество семян, позволяет прогнозировать поведение семян в полевых условиях.



При оценке проростков установлено, что, несмотря на нередко отмечавшиеся случаи поражения семян гороха посевного грибами р. *Alternaria*, влияние его на их всхожесть было несущественным, т.к. проростки имели хорошо развитые надземную сферу и корневую систему. Грибы *Fusarium spp.* оказали ингибирующее влияние на развитие корневой системы проростков (табл. 2).

Таблица 2

**Морфометрические параметры корневой системы и надземной сферы проростков гороха посевного сорта Губернатор**

Вид патогена	Длина корня, мм	Кол-во боковых корней, шт.	Масса корня, г	Длина побега, мм	Масса побега, г
	$\bar{X} \pm m_x$	$\bar{X} \pm m_x$	$\bar{X} \pm m_x$	$\bar{X} \pm m_x$	$\bar{X} \pm m_x$
<i>Alternaria spp.</i>	98,1 ± 5,14	14,9 ± 1,09	0,18 ± 0,091	43,6 ± 2,47	0,17 ± 0,097
<i>Ascochyta spp.</i>	90,7 ± 5,27	13,5 ± 1,02	0,16 ± 0,009	42,0 ± 2,29	0,15 ± 0,009
<i>Penicillium spp.</i>	95,5 ± 8,81	12,4 ± 1,82	0,16 ± 0,015	39,6 ± 4,45	0,15 ± 0,015
<i>Fusarium spp.</i>	72,7 ± 8,78*	12,0 ± 1,11	0,15 ± 0,012	38,1 ± 3,51	0,14 ± 0,014
Контроль	103,8 ± 5,79	15,6 ± 2,03	0,16 ± 0,027	39,2 ± 4,77	0,16 ± 0,02

Примечание: \* — различия с контролем статистически достоверны на уровне  $P < 0,05$

Когда приходится сравнивать изменчивость признаков, выраженных разными единицами, используют не абсолютные, а относительные показатели вариации. Одним из них является коэффициент вариации [62].

Анализируя данные по степени изменчивости морфометрических параметров корневой системы и надземной сферы проростков гороха посевного можно установить, что по признаку «длина корня» отмечена высокая степень изменчивости ( $CV=31,95-38,15\%$ ) у проростков гороха, независимо от вида патогена (табл. 3).

Коэффициент вариации по количеству боковых корней у проростков, пораженных грибами р. *Fusarium* составил 24,53%, что свидетельствует о средней степени варьирования признака. У проростков, пораженных р. *Ascochyta*, была отмечена высокая степень изменчивости, а пораженных рр. *Alternaria*, *Penicillium* — очень высокая ( $CV=45,5-62,29\%$ ).

Таблица 3

**Изменчивость количественных признаков проростков гороха посевного (*Pisum sativum* L.), пораженных разными видами фитопатогенов (CV,%)**

Вид патогена	Длина корня	Количество боковых корней	Масса корня	Длина побега	Масса побега
<i>Alternaria spp.</i>	36,29	50,74	35,46	39,32	39,10
<i>Ascochyta spp.</i>	34,90	45,50	33,40	32,65	34,66
<i>Penicillium spp.</i>	34,47	55,22	36,62	42,10	37,48
<i>Fusarium spp.</i>	31,95	24,53	20,73	24,33	26,19
Контроль	16,73	39,12	25,47	36,46	38,99

Высокая степень варьирования признаков «масса корня» и «длина побега» наблюдалась у проростков, пораженных рр. *Penicillium*, *Alternaria*, *Ascochyta*; у проростков, зараженных р. *Fusarium*, была отмечена средняя степень варьирования



ния этих признаков. Коэффициент вариации по массе побега указывал на высокую степень изменчивости данного признака независимо от вида патогена.

### Выводы

1. В результате фитопатологического анализа семян гороха посевного сорта Губернатор выявлено 6 родов фитопатогенных грибов (*Ascochyta spp.*, *Alternaria spp.*, *Penicillium spp.*, *Fusarium spp.*, *Mucor spp.*, *Aspergillus spp.*), в том числе вредоносные — *Ascochyta spp.* и *Fusarium spp.* В микрофлоре семян доминировали представители р. *Alternaria*.
2. При оценке проростков гороха установлена корреляция между зараженностью фитопатогеном и количественными признаками растений, которая изменялась от слабой ( $r=0,04-0,19$ , длина побега;  $r=0,12-0,27$ , масса побега;  $r=0,23$ , длина корня;  $r=0,25$ , количество боковых корней) до средней ( $r=0,45-0,46$ , длина корня;  $r=0,32-0,44$ , количество боковых корней;  $r=0,34-0,50$ , масса корня;  $r=0,45$ , длина побега). Грибы р. *Fusarium* ингибируют развитие корневой системы, что проявляется в достоверном снижении длины главного корня.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Задорин А. Д., Сидоренко В. С. Эколого-генетические основы создания сортов зернобобовых и крупяных культур // Вопросы физиологии, селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Орел, 2001. С. 83-88.
2. Попов Б. К. Селекция технологичных сортов гороха // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2006. № 3. С. 22-33.
3. Потлайчук В. И., Семенов А. Я. Фитопатологическая экспертиза семян // Защита растений. 1979. № 10. С. 25-26.
4. Практикум по сельскохозяйственной фитопатологии / Под ред. В. А. Шкаликова. М.: Колос, 2004. 208 с.
5. Защита растений от болезней / Под ред. В. А. Шкаликова. М.: Колос, 2004. 255 с.
6. Давлетов Ф. А., Нуриахметов Д. Ф. Оценка сортов гороха на устойчивость к корневым гнилям // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2006. № 1. С. 29-31.
7. Семена и посадочный материал сельскохозяйственных культур / Под ред. Р. Г. Говвердовской. М.: Изд-во стандартов, 1973. 468 с.
8. Наумова Н. А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. М.: Сельхозгид, 1960. 200 с.
9. Микроорганизмы — возбудители болезней растений / Под ред. В. И. Билай. Киев: Наукова думка, 1988. 552с.
10. Хохряков М. К., Доброзракова Т. Л., Степанов К. М., Летова М. Ф. Определитель болезней растений. СПб.: Лань, 2003. 592 с.
11. Дементьева М. И. Фитопатология. М.: Колос, 1977. 376 с.
12. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Наука, 1989. 295 с.