

Экспресс оценка образцов гороха на устойчивость к корневой гнили в лабораторных условиях

Ю. А. Дашкевич, М. В. Подорский, кандидаты с.-х. наук

Е. В. Зарембо, младший научный сотрудник

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 24.04.2025)

В работе показаны исследования, проведенные в лабораторных условиях в 2024–2025 гг. По результатам маршрутных обследований посевов гороха в республике в 2024 г. и проведенной фитозащиты семян в чистую культуру выделено 15 изолятов патогенов, вызывающих фузариозную корневую гниль. Определена агрессивность выделенных изолятов, среди которых 6.18, 6.28, 6.33 – *Fusarium oxysporum*, 9.14, 9.56, 9.68 – *Fusarium avenaceum* являются высокоагрессивными, развитие болезни составило 65,2–87,6 %. Методом рулонов проведена оценка на устойчивость к фузариозной корневой гнили 66 образцов гороха. Выделены 1 высокоустойчивый и 13 устойчивых образцов.

The paper presents the studies conducted under laboratory conditions in 2024–2025. Based on the results of route surveys of pea fields in the republic in 2024 and the phytoexpertise of seeds, 15 isolates of pathogens causing fusarium root rot were isolated into pure culture. The aggressiveness of the identified isolates was established, among which 6.18, 6.28, 6.33 – *Fusarium oxysporum*, 9.14, 9.56, 9.68 – *Fusarium avenaceum* were highly aggressive, the development of the disease was 65.2–87.6%. Using the roll method, 66 pea samples were assessed for resistance to fusarium root rot. One highly resistant and 13 resistant samples were identified.

Введение

В почвенно-климатических условиях Беларуси горох занимает лидирующее положение и составляет 75–85 % в структуре посевов зернобобовых культур. Более высокое содержание белка по сравнению с зерновыми культурами, разнообразие использования, положительное влияние на плодородие почвы, целесообразность посева в качестве промежуточной и парозанимающей культуры, возможность выращивания в смесях с зерновыми культурами предопределяют важное народно-хозяйственное значение гороха [1].

Одной из главных причин недостаточного производства и низкой урожайности культуры является поражение его болезнями. Наиболее вредоносными из всех заболеваний являются корневые гнили гороха. Корневые гнили могут появляться на растениях на протяжении всей вегетации: в фазе всходов в виде поражения зародышевых корней и проростков (загнивание), на молодых и взрослых растениях. Потери урожая от данного заболевания могут составлять 30–50 % и более, а в отдельные годы посевы погибают полностью.

В системе мероприятий по защите гороха от болезней важное место отводится устойчивым сортам. Замена восприимчивых сортов устойчивыми является наиболее доступным экономически и экологически оправданным способом защиты гороха от болезней. Для борьбы с болезнями гороха селекционно-генетическими методами необходимо комплексное изучение биологических особенностей наиболее распространенных возбудителей болезней, их внутривидовой дифференциации и устойчивости коллекционного и селекционного материала гороха [2]. В связи с этим исследования по выделению источников устойчивости к наиболее опасным болезням для практической селекции бобовых культур являются актуальными и на сегодняшний день. Отбор такого материала и оценка

его на искусственных инфекционных фонах является главной задачей современных селекционных центров нашей страны [3].

Материалы и методика исследований

Исследования проводили в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в лаборатории иммунитета в 2024–2025 гг.

Инфекционный материал возбудителей корневых гнилей выделяли из семян (фитозащита) и корневой системы пораженных растений, собранных в посевах гороха во время проведения маршрутных обследований в республике. При фитопатологической экспертизе семян использовали стерильные чашки Петри, на дно которых помещали смоченные стерильной водой кружки из фильтровальной бумаги в два слоя, а на внутреннюю сторону крышки в один слой [4]. Анализировали 33 образца гороха. Перед закладкой семена дезинфицировали 35 % спиртовым раствором в течение минуты, затем промывали стерильной водой и просушивали. Семена раскладывали из расчета 25 шт. на чашку, учет проводили на 7-е сутки. При появлении на семенах мицелия гриба с помощью иглы его переносили на питательную среду (КГА) в чашки Петри и инкубировали при температуре 20–25 °С. Чтобы среда не загрязнилась бактериальной инфекцией, добавляли антибиотик цефтриаксон. После частичного или полного заполнения чашек Петри мицелием гриба проводили микроскопирование для его идентификации [5].

В лабораторных условиях «методом рулонов» проведена оценка на устойчивость к фузариозной корневой гнили 66 образцов гороха. Проростки находились в состоянии постоянного увлажнения, для этого рулоны помещали в сосуды с водой. Инокуляцию семян проводили в суспензии спор *Fusarium oxysporum* + *Fusarium avenaceum* при экспозиции 2 часа, плотность

инокулюма не менее $3,0 \times 10^6$ спор/мл раствора. Инокулированные семена раскладывали в рулоны по 25 шт. в 4-кратной повторности. Одновременно закладывали семена гороха, замоченные в воде (контроль).

Подготовку рулонов проводили согласно ГОСТ 12044–93 [6]. Использовали стерильные полоски фильтровальной и пергаментной бумаги размером 84×20 см (± 2 см). Увлажненную стерильной водой полосу фильтровальной бумаги покрывали пергаментной и на расстоянии 2–3 см от верхнего края помещали узкую полоску фильтровальной бумаги шириной 1,5 см, затем раскладывали на нее семена гороха с интервалом 2 см. Рулоны сворачивали и помещали в стаканы с водой, инкубировали при температуре 22–25 °С. Учитывали развитие болезни на 7-й день. Рулон разворачивали и оценивали каждый проросток по 5-ти бальной шкале:

0 – проростки нормально развиты, признаки поражения отсутствуют;

1 – некоторые проростки отстают в росте. На корневой шейке, coleoptиле светло-бурые пятна;

2 – проростки отстают в росте. На корневой шейке, coleoptиле, под семядолями и на семядолях темно-бурые пятна;

3 – проростки недоразвиты. Обширные сливающиеся пятна на корневой, прикорневой и верхней части проростка, семядоли покрыты белым войлочным налетом;

4 – семена погибли в начальной стадии прорастания, все проростки бурые, покрыты беловато-розовым войлочным налетом мицелия гриба [7].

Результаты исследований и их обсуждение

По результатам маршрутных обследований и проведенной фитоэкспертизы семян гороха в чистую культуру были выделены возбудители корневой гнили гороха фузариозной этиологии, преобладающие в условиях республики. Каждому изоляту был присвоен порядковый номер в коллекции чистых культур возбудителей болезней сельскохозяйственных растений: *Fusarium avenaceum* – 9.14, 9.27, 9.56, 9.68, 9.69; *Fusarium oxysporum* – 6.18, 6.21, 6.28, 6.33, 6.50. *Fusarium eguisei* – 15.6, *Fusarium sporotrichioides* – 5.10, 5.11, *Fusarium poae* – 5.57.

Агрессивность – способность паразита вызывать массовое заражение восприимчивых растений (эпифитотии), преодолевая их защитные свойства; количественная мера патогенности [8]. Методом рулонов определена агрессивность изолятов возбудителей корневой гнили на сорте гороха Миллениум (в фазу проростков). Этим способом можно выявить высокоустойчивые и устойчивые генотипы.

Лабораторная всхожесть семян в контроле составила 98,0 %, а при инокуляции споровой суспензией изолятов 5.10, 5.11, 5.57 снизилась незначительно и составила от 90,0 до 94,0 % (таблица 1). Сильнее всего снизилась всхожесть при заражении изолятами 6.18–48,0 % и 9.14–42,0 % по сравнению с контролем.

Развитие болезни при инокуляции семян гороха в споровой суспензии изолятов фузариозной этиологии находилось в пределах 12,6–87,6 %. Минимальное развитие корневой гнили наблюдалось при заражении семян гороха изолятами 5.11 (12,6 %), 5.10 (18,3 %), 5.57 (21,5 %) и 15.6 (23,7 %). Данные изоляты можно отнести к слабоагрессивным. Максимальное развитие болезни выявлено при заражении изолятами 6.18, 6.28, 6.33, 9.14, 9.56 и 9.68 – 65,2–87,6 %, эти изоляты являются высокоагрессивными (рисунки 1, 2).

Среднеагрессивными оказались изоляты 6.21, 6.50, 9.27 и 9.69 с развитием болезни 46,4–56,3 %. Внешнее проявление заражения семян гороха высокоагрессивными изолятами 9.14 и 6.18 представлено на рисунке 3.

Так как самыми агрессивными возбудителями на горохе являются *F. avenaceum* (9.14) и *F. oxysporum* (6.18), их мы и изучали на различных питательных средах: КГА (картофельно-глюкозный агар), ГГА (горохово-глюкозный агар), овощная (V-4) и среда Чапека (таблица 2). Далее проводили посев данных патогенов на среды и определяли скорость роста колоний *F. avenaceum* и *F. oxysporum*. При этом все чашки Петри были помещены в термостат при t 25 °С.

Установлено, что наиболее подходящими питательными средами для выделения и культивирования патогенов *F. avenaceum* и *F. oxysporum* являются среды КГА и ГГА, т.к. на них скорость роста колоний была наибольшей и на 10 сутки мицелий гриба заполнил всю чашку Петри. Изучение влияния светового режима

Таблица 1. Результаты изучения агрессивности изолятов возбудителей фузариозной корневой гнили гороха

Изолят	Лабораторная всхожесть, %	Развитие болезни, %	Ростовые характеристики	
			Длина проростка, см $\pm$ к контролю	Длина корня, см $\pm$ к контролю
Контроль	98,0	2,0	7,4	13,6
5.10	92,0	18,3	6,0 $\pm$ 1,4	12,8 $\pm$ 0,8
5.11	94,0	12,6	6,6 $\pm$ 0,8	12,2 $\pm$ 1,4
5.57	90,0	21,5	5,8 $\pm$ 1,6	11,7 $\pm$ 1,9
6.18	48,0	65,2	3,6 $\pm$ 3,8	9,2 $\pm$ 4,4
6.21	72,0	48,6	4,4 $\pm$ 3,0	9,8 $\pm$ 3,8
6.28	62,0	72,3	2,7 $\pm$ 4,7	6,8 $\pm$ 6,8
6.33	70,0	67,8	5,4 $\pm$ 2,0	7,2 $\pm$ 6,4
6.50	86,0	46,4	6,0 $\pm$ 1,4	10,2 $\pm$ 3,4
9.14	42,0	87,6	2,6 $\pm$ 4,8	3,8 $\pm$ 9,8
9.27	84,0	53,5	5,4 $\pm$ 2,0	6,8 $\pm$ 6,8
9.56	66,0	66,4	3,6 $\pm$ 3,8	5,5 $\pm$ 8,1
9.68	68,0	73,8	4,3 $\pm$ 3,1	4,8 $\pm$ 8,8
9.69	88,0	56,3	4,6 $\pm$ 2,8	6,6 $\pm$ 7,0
15.6	86,0	23,7	5,8 $\pm$ 1,6	10,4 $\pm$ 3,2
Среднее	76,4	47,7	4,9	8,8
СКО	15,8	24,6	1,3	2,9
ГДИ	8,8	13,6	0,7	1,6

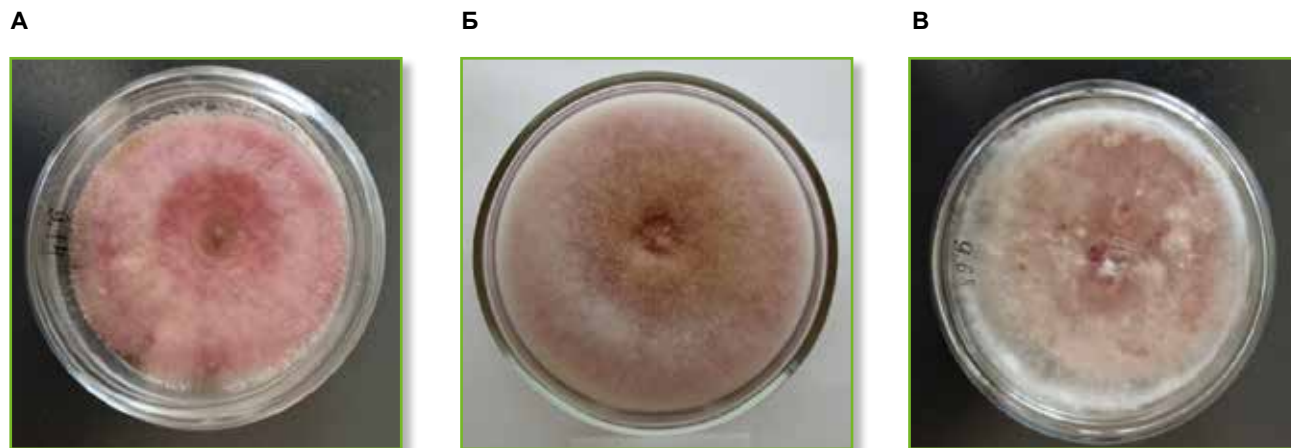


Рисунок 1. А – Внешний вид колонии изолята *F. avenaceum* 9.14, Б – изолят 9.56, В – изолят 9.68



Рисунок 2. А – Внешний вид колонии изолята *F. oxysporum* 6.18, Б – изолят 6.33, В – изолят 6.28

на спороношение возбудителей показало, что данные виды фузариев хорошо спороносят в темноте (термостат) при $t\ 25\ ^\circ\text{C}$. Поэтому не было необходимости изучения других режимов.

Для инокуляции семян гороха в споровой суспензии изолятов с целью установления устойчивости образцов гороха к корневой гнили в лабораторных условиях использовали смесь средне- и высокоагрессивных изолятов *F. oxysporum* и *F. avenaceum*. Данные изоляты будут использованы для создания искусственного инфекционного фона в полевых условиях.

Лабораторная всхожесть 66 образцов гороха в контроле находилась в пределах 98,0–100,0 % (таблица 3). Всхожесть инокулированных образцов составила 48,0–98,0 %. Развитие корневой гнили в среднем по образцам составило 44,6 %. Наблюдалось снижение

ростовых характеристик образцов, инокулированных возбудителями корневой гнили, по сравнению с контролем. В среднем длина проростка снизилась на 2,9 см, корня – на 2,7 см.

Из 66 образцов гороха выделился высокоустойчивый образец ПСИ-9 (Э-2927), развитие болезни составило 7,0 %, и 13 устойчивых образцов: КП-16 (Э-2915), КП-17 (Э-2919), КП-37 (Э-2946), ПСИ-5 (Э-2914), ПСИ-6 (Э-2916), ПСИ-11 (Э-2929), ПСИ-14 (Э-2900), ПСИ-24 (Э-2843), ПСИ-26 (Э-2850), КСИ-2 (Э-2876), КСИ-4 (Э-2899), КСИ-12 (Э-2832), КСИ-14 (Э-2829), развитие корневой гнили находилось в пределах 11,0–21,5 %.

Выводы

1. В результате маршрутных обследований посевов гороха в республике в 2024 г. и проведенной фитоэкспертизы семян в чистую культуру выделено 15 изолятов патогенов, вызывающих фузариозную корневую гниль гороха.

2. Определена агрессивность изолятов, возбудителей фузариозной корневой гнили гороха, среди которых 6.18, 6.28, 6.33 (*F. Oxysporum*), 9.14, 9.56, 9.68 (*F. Avenaceum*) являются высокоагрессивными, развитие болезни составило 65,2–87,6 %.

3. Оптимальными питательными средами для культивирования возбудителей фузариозной корневой гнили являются картофельно- и горохово-глюкозный агары.

4. Методом рулонов проведена оценка устойчивости к фузариозной корневой гнили 66 образцов

Таблица 2. Скорость роста колоний возбудителей корневой гнили гороха на различных питательных средах при $t\ 25\ ^\circ\text{C}$, см

Возбудитель	Среда	Сутки				
		2	4	6	8	10
<i>Fusarium avenaceum</i>	КГА	2,7	4,3	5,6	7,6	9,0
	ГГА	2,8	4,2	5,5	7,6	9,0
	V-4	2,3	3,7	4,6	6,3	7,8
	Чапекa	1,3	2,3	3,4	4,1	5,8
<i>Fusarium oxysporum</i>	КГА	2,3	3,5	5,0	8,2	9,0
	ГГА	2,3	3,6	5,0	8,6	9,0
	V-4	2,4	3,5	4,6	7,3	8,1
	Чапекa	1,7	2,2	3,6	5,8	7,2

А

В


Рисунок 3. А – Инокуляция семян гороха высокоагрессивным изолятом *F. avenaceum* 9.14, В – инокуляция семян гороха высокоагрессивным изолятом *F. oxysporum* 6.18

Таблица 3. Лабораторная оценка образцов гороха на устойчивость к фузариозной корневой гнили

Образец	Лабораторная всхожесть, %		Длина проростка, см		Длина корня, см		Развитие корневой гнили, %
	1	2	1	2	1	2	
КП-3 (Саламанка)	98,0	98,0	6,2	2,9	13,4	9,6	50,0
КП-16 (Э-2915)	98,0	92,0	7,2	2,4	10,8	3,8	15,0
КП-17 (Э-2919)	98,0	96,0	6,6	5,7	9,7	9,0	21,5
КП-37 (Э-2946)	100,0	92,0	9,5	8,3	11,1	10,2	13,5
ПСИ-5 (Э-2914)	100,0	96,0	7,0	6,3	10,5	9,8	21,5
ПСИ-6 (Э-2916)	100,0	98,0	7,6	7,0	10,4	9,8	12,5
ПСИ-9 (Э-2927)	98,0	98,0	7,4	6,9	9,6	9,2	7,0
ПСИ-11 (Э-2929)	100,0	98,0	5,3	4,8	6,8	6,3	11,5
ПСИ-14 (Э-2900)	98,0	98,0	5,6	5,1	13,6	12,8	17,0
ПСИ-24 (Э-2843)	100,0	96,0	6,8	6,2	9,5	8,9	19,5
ПСИ-26 (Э-2850)	98,0	98,0	8,6	7,5	11,0	10,2	20,0
КСИ-2 (Э-2876)	98,0	98,0	12,32	8,6	16,57	12,6	21,5
КСИ-4 (Э-2899)	100,0	90,0	13,39	8,3	13,88	12,1	21,0
КСИ-12 (Э-2832)	100,0	98,0	9,48	8,1	15,12	13,1	14,5
КСИ-14 (Э-2829)	98,0	98,0	9,25	9,1	10,48	10,2	11,0

Примечание: 1 – контроль, 2 – инокуляция возбудителем

гороха. Выделено 1 высокоустойчивый и 13 устойчивых образцов.

Литература

- Борзенкова, Г. А. Роль протравливания семян в агроэкологически обоснованной защите гороха / Г. А. Борзенкова, Г. С. Филлипова // Повышение устойчивости производства сельскохозяйственных культур в современных условиях: сб. науч. материалов. – Орел, 2008. – С. 373–381.
- Градобоева, Т. П. Аскохитоз и корневые гнили гороха, выявление устойчивых сортов в условиях Северо-Востока: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.11 / Градобоева Татьяна Прокопьевна / Зонал. науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва Сев.-Востока им. Н.В.Рудницкого. – СПб., 2000. – 23 с.
- Бударина, Г. А. Изучение селекционного материала гороха на устойчивость к патогенам и фитофагам и выделение источников устойчивости для практической селекции / Г. А. Бударина [и др.] // Вестник ОрелГАУ. – 2015. – №6 (57). – С. 120–127.
- Фитосанитарная экспертиза зерновых культур (болезни растений) : рекомендации / подгот.: С. С. Санин [и др.]. – М : Росинформагротех. – 2002. – 140 с.
- Радченко, Е. Е. Методы работы с чистыми культурами грибов / Е. Е. Радченко, И. Г. Одинцова // Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам : метод. пособие / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т растениеводства ; [Е. Е. Радченко и др.]. – М., 2008. – С. 106–109.
- Фитопатологическая экспертиза семян полевых культур (диагностика возбудителей, эффективность препаратов для предпосевной обработки семян) : метод. рекомендации / Г. В. Будевич, Ю. А. Сущевиц, Ю. К. Шашко, М. Н. Шашко, М. В. Кадырова, Ю. А. Дашкевич, О. В. Мядель, Е. В. Зарембо, М. В. Подорский ; РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – 52 с.
- Создание инфекционных фонов возбудителя антракноза узколистного люпина (*Colletotrichum lupini*) : метод. рекомендации / Ю. К. Шашко, Г. В. Будевич, М. Н. Шашко, Ю. А. Дашкевич. – Жодино, 2014. – 22 с.
- Глоссарий: основные термины и определения фитопатологии и микологии / С. Ф. Буга [и др.]; под ред. С. Ф. Буга. – Минск : Колорград, 2020. – 64 с.