

## ИЗУЧЕНИЕ АРЕССИВНОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ ОВСА И ИХ КОНКУРЕНТНЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ

О. В. МЯДЕЛЬ, С. П. ХАЛЕЦКИЙ

РВП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»  
г. Жодино, Республика Беларусь, e-mail: oskinder@yandex.ru

(Поступила в редакцию 24.03.2023)

В статье представлены результаты изучения возбудителей коневой гнили (*Fusarium culmorum*, *Fusarium avenaceum*, *Bipolaris sorokiniana*), их патогенез, агрессивность на стадии проростков овса, а также конкурентные взаимоотношения. Корневая гниль ежегодно диагностируются в посевах овса как на семенах, так и на корневой системе растений. Преимущественно это фузариозная (*Fusarium spp*) и гельминтоспориозная (*Bipolaris sorokiniana*) гниль. Исследования проводились на шести сортах овса: Мирт, Лидия, Скорпион, Фристайл, Шанс и Реверанс.

Установлено, что оптимальной температурой для заражения семян овса возбудителями коневой гнили является 22–24 °С с продолжительностью инокуляции в суспензии спор для *Fusarium culmorum* не менее 8 часов, для *Fusarium avenaceum* и *Bipolaris sorokiniana* – 15 часов. Возбудители коневой гнили негативно влияли на всхожесть семян и линейный рост растений. Патоген *F. culmorum* проявил высокую агрессивность, как в чистом виде, так и в смеси с *B. sorokiniana*, развитие болезни составило 64,1 и 53,1 % соответственно. При этом снизилась всхожесть семян на 8,2 и 8,3 %, линейный рост проростков на 32,0 и 41,6 % и корней на 39,9 и 40,0 %. Все изучаемые виды патогенов находились в конкурентных взаимоотношениях. В связи с высокой скоростью роста колоний *F. culmorum* сильнее подавлял другие виды патогенов. Поэтому для создания полевых инфекционных фонов коневых гнилей целесообразно использовать *F. culmorum* как в чистом виде так в смеси с *B. sorokiniana*.

**Ключевые слова:** овёс, коневая гниль, патогенность, агрессивность, конкурентные взаимоотношения.

The article presents the results of studying the pathogens of root rot (*Fusarium culmorum*, *Fusarium avenaceum*, *Bipolaris sorokiniana*), their pathogenesis, aggressiveness at the stage of oat seedlings, as well as competitive relationships. Root rot is annually diagnosed in oat crops both on seeds and on the root system of plants. This is mainly fusarium (*Fusarium spp*) and helminthosporium (*Bipolaris sorokiniana*) rot. The research was carried out on six varieties of oats: Mirt, Lydia, Scorpion, Freestyle, Chance and Reveranse.

It has been established that the optimal temperature for infecting oat seeds with root rot pathogens is 22–24 °C with the duration of inoculation in spore suspension for *Fusarium culmorum* at least 8 hours, for *Fusarium avenaceum* and *Bipolaris sorokiniana* – 15 hours. Root rot pathogens negatively affected seed germination and linear plant growth. The pathogen *F. culmorum* showed high aggressiveness, both in its pure form and in a mixture with *B. sorokiniana*, the development of the disease was 64.1 and 53.1 %, respectively. At the same time, the germination of seeds decreased by 8.2 and 8.3 %, the linear growth of seedlings by 32.0 and 41.6 % and roots by 39.9 and 40.0 %. All studied types of pathogens were in competitive relationships. Due to the high growth rate of colonies, *F. culmorum* suppressed other types of pathogens more strongly. Therefore, to create field infectious backgrounds for root rot, it is advisable to use *F. culmorum* both in its pure form and in a mixture with *B. sorokiniana*.

**Key words:** oats, root rot, pathogenicity, aggressiveness, competitive relationships.

### Введение

Корневая гниль – одно из наиболее вредоносных заболеваний зерновых культур в условиях Беларуси. Поражение растений вызывает комплекс патогенов, среди которых на озимых зерновых развиваются преимущественно грибы рода *Fusarium spp.*, а на яровых – *Fusarium spp.* и *Bipolaris sorokiniana*. Инфекция сохраняется в почве, на растительных остатках и семенах. Растения поражаются на протяжении всего периода вегетации. При отсутствии защитных мероприятий, посев инфицированными семенами приводит к снижению их всхожести, коневые гнили к уборке могут разрушить коневую систему, инфекция распространяется на зерно, снижается урожайность и ухудшается качество продукции [1, с. 10]. Среди яровых зерновых культур овес считается более устойчивым к этой болезни, однако наши исследования показывают, что возбудители коневой гнили ежегодно присутствуют в посевах овса, как на коневой системе, так и на семенах.

Важное место в снижении вредоносности заболевания коневой гнилью занимает создание сортов толерантных к комплексу возбудителей их вызывающих. При этом в селекционном процессе необходима поэтапная оценка образцов овса к этой болезни на инфекционном фоне, что дает возможность оценивать материал ежегодно, независимо от складывающихся погодных условий.

Созданию инфекционного фона должны предшествовать исследования по изучению видового состава возбудителей болезни, их агрессивности. Немаловажное значение имеют конкурентные взаимоотношения патогенов, поскольку в патогенезе, как правило, участвует несколько видов возбудителей, что влияет на эффективность работы инфекционного фона [2].

В связи вышеизложенным актуальным является изучение агрессивности возбудителей корневой гнили на стадии проростков растений овса и определение их конкурентных взаимоотношений, а также выделение наиболее агрессивных патогенов для создания инфекционного фона.

### Основная часть

Исследования проводились в лаборатории иммунитета РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Сбор инфекционного материала осуществлялся в полях севооборота центра, а также при маршрутном обследовании посевов овса в период 2021–2022 гг. [3]. Видовой состав возбудителей был представлен в основном грибами рода *Fusarium Link*. Наиболее часто встречаемые – *F. culmorum* и *F. avenaceum*, единичные случаи – *F. oxysporum*, *F. graminearum*. Чаще из семян, реже с корней был выделен *Bipolaris sorokiniana*, повсеместно присутствовали *Alternaria* и другие сапротрофы.

Чистые культуры возбудителей выделялись из пораженных корней и семян овса во влажной камере, а размножение и возобновление инфекции проводилось на питательной среде КГА (картофельно-глюкозный агар). Исследования проводились в лабораторных условиях на 6 сортах овса: Мирт, Лидия, Скорпион, Фристайл, Шанс и Реверанс. Возбудители корневой гнили – *F. culmorum*, *F. avenaceum* и *B. sorokiniana* [4]. Для инокуляции семян готовилась суспензия с плотностью инокулюма не менее  $5 \times 10^6$  спор в 1 мл раствора для грибов рода *Fusarium spp.*, а для *B. sorokiniana* –  $2 \times 10^4$  [5, с. 114, 6, с. 93]. Семенной материал помещался в марлевые мешочки, которые полностью погружались в суспензию спор, где они выдерживались при температуре 22–24 °С от 8 до 15 часов в термостате. После этого семена извлекались и высушивались до сыпучего состояния. Дальнейшие исследования проводились методом рулонов, согласно ГОСТ (1996 г.) [7, с. 18]. На 7-й день определяли всхожесть семян, развитие болезни, линейный рост корней и проростков. Учет развития на проростках проводили по 5-балльной шкале [8, с. 36].

При изучении конкурентных взаимоотношений между возбудителями корневой гнили использовались их чистые культуры. Исследования проводились в чашках Петри путем посева 2 культур патогенов в одну чашку на расстоянии 2 см, контролем служили эти же изоляты патогенов, высеянные в чистом виде. Измерения диаметра колоний осуществлялись на 3, 5 и 7-е сутки после посева. Если колонии имели неправильную форму, то проводили не менее 4 замеров и использовали среднюю величину, затем рассчитывали площадь колонии гриба.

При проведении лабораторных исследований патогенности возбудителей корневых гнилей определяли необходимый температурный оптимум и время экспозиции семян овса в споровой суспензии. Следует отметить, что качество заражения имеет значение для проявления признаков поражения и влияет на ростовые характеристики проростков. Так, при недостаточной продолжительности экспозиции инфицированность была слабая, а при избыточной отсутствовала дифференциация показателей по сортам и вариантам. Установлено, что оптимальной экспозицией для инокуляции семян овса в споровой суспензии для *F. culmorum* является не менее 8 часов, для *F. avenaceum* и *B. sorokiniana* – 15 часов при оптимальной температуре 22–24 °С (табл. 1).

Таблица 1. Влияние инокуляции семян возбудителями корневой гнили на лабораторную всхожесть и инфицированность проростков овса

Вариант	Лабораторная всхожесть, %					Развитие болезни, %				
						экспозиция (часы)				
	3	5	8	15	24	3	8	15	24	
<i>Fusarium culmorum</i>	91,0	89,0	87,0	79,0	74,0	76,8	77,5	79,5	79,5	100,0
<i>Fusarium avenaceum</i>	97,0	97,0	97,0	97,0	88,0	19,0	25,8	31,3	39,0	46,5
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	98,0	98,0	97,0	95,0	92,0	7,8	11,3	23,3	32,3	33,0

Выявлено, что возбудители корневой гнили негативно повлияли на лабораторную всхожесть семян овса и поражение проростков (табл. 2). Лабораторная всхожесть в контрольных вариантах составила 98,0 %, которая при определении разницы влияния исследуемых возбудителей на всхожесть семян была принята за 100,0 %. Всхожесть в среднем по всем сортам снизилась на 3,0–8,3 %. Возбудитель *F. culmorum* как в чистом виде, так и в смеси с *B. sorokiniana* снизил всхожесть семян на 8,2 и 8,3 % соответственно, *F. avenaceum* на 5,3 %. Возбудитель гельминтоспориоза (*B. sorokiniana*) был менее агрессивным, снижение всхожести семян составило 3,0 %. Растения изучаемых сортов слабо отреагировали на эту инфекцию, где в среднем развитие болезни составило 9,7 %. Высокую агрессивность проявил *F. culmorum*, развитие болезни достигало 64,1 %. В варианте со смесью возбудителей *F. culmorum*+*B. sorokiniana* развитие корневой гнили было также высоким и составило 53,2 %. Однако, несмотря на то, что *B. sorokiniana* является менее агрессивным возбудителем, он все же снижает агрессивность *F. culmorum*, поскольку при инокуляции растений смесью патогенов развитие болезни было

на 10,9 % ниже, что указывает на конкурентные взаимоотношения между возбудителями [6]. Умеренную агрессивность проявил *F. avenaceum*, развитие болезни в среднем по сортам составляло 25,7 %.

Таблица 2. Влияние возбудителей корневой гнили на лабораторную всхожесть и поражение корневой системы овса

Сорт	Вариант				среднее по сорту
	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>F. culmorum</i> + <i>B. sorokiniana</i>	
лабораторная всхожесть, %					
Мирт	97,0	100	96,0	95,0	97,0
Лидия	88,0	93,0	92,0	91,0	91,0
Скорпион	92,0	96,0	99,0	97,0	94,8
Фристайл	97,0	95,0	95,0	92,0	95,0
Шанс	83,0	88,0	99,0	81,0	82,5
Реверанс	94,0	96,0	97,0	94,0	95,3
Среднее	91,8	94,7	97,0	91,7	—
развитие болезни, %					
Мирт	62,5	28,8	7,3	50,3	37,2
Лидия	78,5	24,3	10,5	64,8	44,5
Скорпион	54,5	23,5	8,3	46,3	33,1
Фристайл	69,0	26,5	10,8	59,5	41,5
Шанс	62,0	33,3	11,8	55,8	40,7
Реверанс	58,3	18,0	5,3	42,5	31,0
Среднее	64,1	25,7	9,7	53,2	—

Инокуляция вышеуказанных возбудителей семенного материала различных сортов овса снизила линейный рост проростков и корней. Сильнее других проявилась агрессивность смешанной инфекции *F. culmorum*+*B. sorokiniana*, в среднем по всем сортам длина проростка уменьшилась на 41,6 %. Заражение семян возбудителем *F. culmorum* привело к снижению длины проростков на 32,0 % в среднем по всем сортам. Меньше всех угнетал проростки возбудитель гельминтоспориоза, в среднем на 16,0 %. Смешанная инфекция и *F. culmorum* в чистом виде уменьшили длину корней в среднем по сортам на 40,0 и 39,9 % соответственно. Слабую агрессивность проявили *B. sorokiniana* и *F. avenaceum*, уменьшение длины составило на 14,1 и 17,2 % соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Влияние возбудителей корневой гнили на линейный рост проростков овса при инокуляции чистой и смешанной инфекцией

Сорт	Вариант										
	контроль	<i>Fusarium culmorum</i>		<i>Fusarium avenaceum</i>		<i>Bipolaris sorokiniana</i>		<i>F. culmorum</i> + <i>B. sorokiniana</i>		среднее по сорту	
	длина надземной части растения										
	см	см	%	см	%	см	%	см	%	см	%
Мирт	14,9	12,6	-15,4	12,9	-13,4	13,1	-12,1	10,1	-32,2	12,2	-18,1
Лидия	16,0	9,6	-40,0	12,6	-21,3	12,5	-21,9	8,1	-49,4	10,7	-33,1
Скорпион	14,1	7,8	-44,7	11,3	-19,9	12,3	-12,8	7,2	-48,9	9,7	-31,2
Фристайл	16,4	11,4	-30,5	13,7	-16,5	14,6	-11,0	8,8	-46,3	12,1	-26,2
Шанс	14,8	10,2	-31,1	11,0	-25,7	10,8	-27,0	10,7	-27,7	10,7	-27,7
Реверанс	14,7	10,2	-30,6	12,3	-16,3	13,0	-11,6	8,1	-44,9	10,9	-25,9
Среднее	15,2	10,3	-32,0	12,3	-18,8	12,7	-16,0	8,8	-41,6		
длина корней растения											
Мирт	12,9	9,1	-29,5	11,4	-11,6	10,8	-16,3	8,5	-34,1	10,0	-22,5
Лидия	13,6	8,0	-41,2	10,7	-21,3	12,2	-10,3	6,7	-50,7	9,4	-30,9
Скорпион	14,5	7,4	-49,0	12,1	-16,6	13,2	-9,0	7,2	-50,3	10,0	-31,0
Фристайл	14,0	8,7	-37,9	11,4	-18,6	12,6	-10,0	7,4	-47,1	10,0	-28,6
Шанс	14,4	9,0	-37,5	10,8	-25,0	10,5	-27,1	12,0	-16,7	10,6	-26,4
Реверанс	14,8	8,2	-44,6	13,3	-10,1	13,0	-12,2	8,7	-41,2	10,8	-27,0
Среднее	14,0	8,4	-39,9	11,6	-17,2	12,1	-14,1	8,4	-40,0		

На основании проведенных исследований установлено, что самая высокая агрессивность наблюдается при инокуляции семян возбудителем *F. culmorum* как в чистом виде, так и в смеси с *B. sorokiniana*.

При выделении чистых культур возбудителей корневой гнили овса выявлены случаи присутствия на пораженных корнях, реже на семенах, одновременно 2 патогенов. В этой связи необходимо было установить, какие складываются между ними отношения. Это необходимо учитывать при наработке инфекции для создания инфекционного фона, т. е. какие виды возбудителей корневой гнили целесообразно вносить в почву, чистые или смешанные культуры грибов. Данные исследований показывают, что скорость роста колоний изучаемых видов патогенов различается (табл. 4).

Таблица 4. Особенности культурального роста и конкурентных взаимоотношений чистых культур возбудителей корневой гнили овса в лабораторных условиях

Вариант	Площадь колоний					
	3-е сутки		5-е сутки		7-е сутки	
	см <sup>2</sup>	%	см <sup>2</sup>	%	см <sup>2</sup>	%
<i>F. culmorum</i>	24,2	100,0	63,6	100,0	63,6	100,0
<i>F. avenaceum</i>	9,3	100,0	44,2	100,0	63,6	100,0
<i>B. sorokiniana</i>	3,1	100,0	5,9	100,0	8,5	100,0
<i>F. culmorum</i> + <i>F. avenaceum</i>	14,5	-40,0	44,7	-29,7	63,6	0,0
	4,1	-55,9	17,0	-61,5	22,1	-65,3
<i>F. culmorum</i> + <i>B. sorokiniana</i>	10,7	-55,8	41,8	-34,3	63,6	0,0
	1,7	-45,2	2,3	-61,0	3,1	-63,5
<i>F. avenaceum</i> + <i>B. sorokiniana</i>	5,1	-45,2	20,4	-53,8	35,7	-43,9
	2,7	-12,9	4,9	-16,9	6,4	-24,7

Наиболее быстрорастущим возбудителем корневой гнили овса был *F. culmorum*, на 3-е сутки после посева площадь его колонии в чашке Петри составила 24,2 см<sup>2</sup>, а на 5-е сутки он занял максимально возможную площадь, 63,6 см<sup>2</sup> (100,0 %). Вид *F. avenaceum* уступил по скорости роста, на 3-е сутки размер колонии составил 9,3 см<sup>2</sup>, на 5-е – 44,2 см<sup>2</sup> и только на 7-е сутки достиг максимума – 63,6 см<sup>2</sup>. Медленнее всех распространялся возбудитель гельминтоспориоза (*B. sorokiniana*), на 3-е сутки площадь колонии составляла 3,1 см<sup>2</sup>, 5-е – 5,9 и 7-е – 8,5 см<sup>2</sup> соответственно.

Установлено, что при совместном посеве 2 культур грибов все они в той или иной степени конкурируют между собой. Так, даже у самого быстро растущего патогена *F. culmorum*, в смеси с другими патогенами на 3-е сутки размер колонии в сравнении с колонией без конкурента уменьшился на 40,1 %, на 5-е – на 29,7 % и только на 7-е сутки заполнил всю чашку Петри. Вследствие своего быстрого роста он подавлял развитие *F. avenaceum*, рост которого замедлился на 3-е сутки на 55,9 %, на 5-е на 61,6 % и на 7-е на 65,3 %. Аналогичные результаты получены при совместном культивировании *F. culmorum*+*B. sorokiniana* и *F. avenaceum*+*B. sorokiniana*. Ингибирование роста в последнем случае наблюдалось на протяжении 7 суток после посева, однако не так контрастно, как в предыдущих вариантах опыта. Следует отметить, что колония *F. culmorum* на 7-е сутки разрасталась поверх колоний других возбудителей.

Таким образом, все изучаемые виды патогенов корневой гнили находятся в конкурентных взаимоотношениях. Однако, из-за высокой скорости роста колоний *F. culmorum* активнее других подавляет другие виды патогенов.

#### Заключение

Оптимальной температурой для заражения семян овса является 22–24 °С с продолжительностью инокуляции в суспензии спор для *F. culmorum* не менее 8 часов, для *F. avenaceum* и *B. sorokiniana* – 15 часов.

Возбудитель *F. culmorum* обладает высокой агрессивностью, как в чистом виде, так и в смеси с *B. sorokiniana*, способен эффективно снижать как всхожесть семян, так и линейный рост проростков.

Изучаемые виды патогенов корневой гнили (*F. culmorum*, *F. avenaceum*, *B. sorokiniana*) находятся в конкурентных взаимоотношениях. В связи с высокой скоростью роста *F. culmorum* сильнее других подавлял другие виды патогенов.

Поэтому для создания полевых инфекционных фонов корневых гнилей целесообразно использовать *F. culmorum* как в чистом виде так в смеси с *B. sorokiniana*.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Диагностика основных грибных болезней хлебных злаков / Т. И. Ишкова [и др.]. – 3-е изд., испр. – СПб.: ВИЗР, 2008. – 76 с.
2. Создание инфекционных фонов с учетом конкурентных взаимоотношений патогенов зерновых культур и бобовых трав. / Г. В. Будевич [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2013. – №1. – С. 36–38.
3. Результаты изучения видового и расового состава доминирующего комплекса фитопатогенов в Республике Беларусь / М. В. Подорский [и др.] // Молодежь в науке – 2019: тезисы докладов XVI Международной научной конференции молодых ученых, Минск, 14–17 октября 2019г. / Нац. акад. Наук Беларуси; редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2019. – С. 74–75.
4. Мядель, О. В. Лабораторный метод оценки агрессивности возбудителей корневых гнилей овса / О. В. Мядель // Стратегия, приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси: мат. междунар. научно-практ. конф., посвящ. 95-летию Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – С. 47–50.
5. Шкаликов, В. А. Иммуитет растений / В. А. Шкаликов. – Москва: «КолосС», 2005. – 190 с.
6. Радченко, Е. Е. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: методическое пособие / Е. Е. Радченко. – Москва: Россельхозакадемия, 2008. – 417 с.
7. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями: ГОСТ 12044-93. – Введ.01.01.1996. – Минск: Государственный Комитет по стандартизации Республики Беларусь: Белстандарт, 1995. – 87 с.
8. Фитопатологическая экспертиза семян полевых культур (диагностика возбудителей, эффективность препаратов для предпосевной обработки семян): методические рекомендации / Г. В. Будевич [и др.]; РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ «Минфина, 2022. – 52 с.