

## ВИДОВОЙ СОСТАВ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ НА ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ

М.И. КИСЕЛЕВА<sup>1</sup>, Н.С. ЖЕМЧУЖИНА<sup>1</sup>, В.П. ДУБОВОЙ<sup>1</sup>, В.В. ЛАПИНА<sup>2</sup>

Корневые гнили, вызываемые грибами из родов *Fusarium* и *Bipolaris*, поражают как озимые, так и яровые культуры. Видовой состав этих возбудителей приурочен к определенным эколого-географическим районам и, как правило, носит смешанный характер. Корневые гнили на пшенице, ржи, овсе и ячмене имеют сходную симптоматику. Почва — основной источник инфекции. В годы с обильными осадками возможна ее массовая передача через семена. Патогенные свойства возбудителей обыкновенной корневой гнили обусловлены их способностью вырабатывать гидролитические ферменты и токсины: *B. sorokiniana* продуцирует гельминтоспорол, гельминтоспорал, вик-токсин, цитокинин, виды рода *Fusarium* — изомартицин, зеараленон, диацетоксисцирпенол, ниваленон и др. По характеру взаимоотношений с растениями виды родов *Fusarium* и *Bipolaris* относятся к факультативным паразитам. В настоящей работе был изучен видовой состав грибов, вызывающих корневые гнили и пятнистости листьев культурных злаков в различных районах Республики Мордовия, а также патогенные свойства у ряда штаммов широко распространенных и редко встречающихся видов рода *Fusarium*. Материалом для исследований служили образцы растений яровой пшеницы (*Triticum L.*), ячменя (*Hordeum L.*) и овса (*Avena L.*), которые в стадии колошения имели признаки поражения. Участки зараженной ткани (листья, корни) разрезали на фрагменты, стерилизовали и в асептических условиях раскладывали на поверхность 2 % картофельно-глюкозного агара в чашках Петри. По мере роста кусочки мицелия пересевали на новую питательную среду. В результате последовательных 2-3-кратных отсевов выделяли чистые культуры, которые просматривали под микроскопом. Для оценки однородности морфолого-культуральных признаков штаммов проводили рассев не менее чем 20 моноконидиальных культур гриба, которые получали методом высева серийных разведений суспензий спор. Патогенные и фитотоксичные свойства штаммов изучали при помощи биопробы на семенах пшеницы сорта Мироновская 808, восприимчивого ко всем видам возбудителей корневой гнили. В результате микологических исследований в чистую культуру были выделены 457 изолятов патогенных и сапрофитных грибов разных видов. Четкую специализацию видов в отношении разных культур зерновых не отмечали. В микологических пробах с корней пшеницы, ячменя и овса с наибольшей частотой встречались виды грибов из родов *Fusarium* (*F. heterosporum*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*) и *Bipolaris* (*B. sorokiniana*). Виды *F. redolens*, *F. verticillioides*, *F. tricinctum* обнаруживали с меньшей частотой. Наряду с патогенными видами грибов в чистую культуру было выделено большое количество изолятов, относящихся к сопутствующей микрофлоре. Это сапрофитные виды *Alternaria alternata*, *Mortierella elongata* var. *elongata*, *Papulaspora appendicularis*, *Clonostachys rosea* f. *catenulata*, *Acremonium strictum*, *Trichoderma hamatum* и др. В результате моноспоровых отборов были получены 24 штамма грибов из родов *Fusarium* и *Bipolaris*, характеризующиеся стабильными морфолого-культуральными признаками. Для видов рода *Fusarium* (*F. heterosporum*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*) и *Bipolaris* установлен широкий круг хозяев. Характер проявления патогенных и фитотоксичных свойств у штаммов распространенных видов оказался неоднозначным, что свидетельствует об их сильной внутривидовой изменчивости по изучаемым признакам. Штаммы редко встречающихся видов грибов были токсичными для проростков тест-культуры, но оказались непатогенными, что объясняет их незначительную представленность в микобиоте корневых гнилей. Штаммы *B. sorokiniana* обладали высокой патогенностью и токсичностью для тест-растений.

Ключевые слова: корневые гнили, *Fusarium*, *Bipolaris*, изолят, морфолого-культуральные признаки, патогенность, токсичность.

Известно, что корневые гнили, вызываемые грибами из родов *Fusarium* и *Bipolaris*, широко распространены в различных зонах возделывания зерновых культур (1, 2). Ими поражаются как озимые, так и яровые культуры в течение всего вегетационного периода (3), причем прямые потери зерна оцениваются в 20-50 % и более (4, 5). Видовой состав возбудителей корневых гнилей приурочен к определенным эколого-географическим районам и, как правило, носит смешанный характер. Так, фузариозно-гельминтоспориозная корневая гниль с преобладанием видов *Fusarium* встре-

чается в районах возделывания озимой пшеницы, то есть в Центрально-Черноземном и Северокавказском регионах, гриб *Bipolaris sorokiniana* обнаруживается преимущественно на яровых культурах в Нечерноземной зоне (Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский регионы) (6, 7).

Корневые гнили на пшенице, ржи, овсе и ячмене имеют сходную симптоматику (8, 9). Для этого вида заболеваний характерно неравномерное, локальное распространение болезни. Основной источник инфекции — почва. В годы с обильными осадками возможна массовая передача инфекции через семена. Эпифитотиям корневых гнилей обычно предшествует длительный период, в течение которого инфекция накапливается в почве. Патогенные свойства возбудителей обыкновенной корневой гнили обусловлены их способностью вырабатывать гидролитические ферменты и токсины: *B. sorokiniana* продуцирует гельминтоспорол, гельминтоспорал, вик-токсин, цитокинин, виды рода *Fusarium* — изомартицин, зеараленон, диацетоксисцирпенол, ниваленон и др. (10). Метаболиты грибов оказывают токсическое воздействие на проростки и всходы в период активного роста мицелия (11, 12).

Мицелий и конидии *B. sorokiniana* (*Cochliobolus sativum* Drechsl.) — основные формы размножения, распространения и перезимовки гриба (13). Весной заражение происходит посредством внедрения эндогенного мицелия и ростков прорастающих конидий в ткани корней и стеблей растения. Влажная погода способствует развитию конидиального спороношения в виде бархатистого налета на корнях и растительных остатках культуры. Конидии аэрогенно или с каплями дождя разносятся на другие растения, в том числе на формирующиеся колосья. *B. sorokiniana* поражает пшеницу и ячмень в течение всей вегетации, а осенью и весной спороносит на стерне. Гриб сохраняется в виде конидий и хламидоспор в почве. На перезимовавших пораженных остатках растений он может образовывать псевдотеции с сумками и аскоспорами (14).

Возбудители фузариозной корневой гнили — виды рода *Fusarium*: *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. heterosporum*, *F. avenaceum*, *F. oxysporum*, *F. solani* и др. (15). При проращивании семян в рулонах развивается тонкий, пушистый, быстро разрастающийся мицелий снежно-белого или ярко-малинового цвета (7, 16). Грибы этого рода характеризуются образованием микроконидий и макроконидий. Микроконидии одноклеточные, реже с 1-2 перегородками, овальные, яйцевидные, макроконидии с 3-9 перегородками, разной формы, изогнутости и размеров. У большинства видов грибов образуются бесцветные или бурые одноклеточные хламидоспоры и склероции (17). Патогенные виды рода *Fusarium* могут развиваться сапрофитно на корнях зерновых, а при ослаблении растения они переходят к паразитическому существованию — разрушают корневую систему, заселяют узел кущения и основание стеблей. Конидии разносятся воздушными потоками.

Возбудители корневых гнилей обладают широкой специализацией, способны поражать не только хлебные и дикорастущие злаки, но и растения из других семейств (4, 13, 18). По характеру взаимоотношений с растениями виды родов *Fusarium* и *Bipolaris* относятся к факультативным паразитам. Корневые гнили пшеницы, ржи, ячменя, овса вызывают малозаметные, но весьма вредоносные заболевания хлебных злаков. В отдельных случаях корневые гнили бывают причиной массовой гибели посевов.

В последние годы корневые гнили зерновых культур широко распространились и наносят значительный ущерб (5, 6). Несоблюдение севооборотов, наличие монокультуры того или другого вида хлебных злаков, низкая агротехника создают неблагоприятные условия для развития расте-

ний, способствуют накоплению в почве патогенных грибов (13, 19). Поражение ими приводит к загниванию корневой и прикорневой частей растений, в результате чего наблюдаются угнетение роста, пожелтение и засыхание листьев, задержка колошения, щуплость зерна, а также гибель продуктивных стеблей. Детальное изучение комплекса видов, принадлежащих к родам *Fusarium* и *Bipolaris*, позволяет выявить экологические аспекты пластичности грибов, их приуроченности к определенным климатическим условиям и трофической специализации.

Целью настоящей работы было установление видового состава грибов, вызывающих корневые гнили и пятнистость листьев на культурных злаках в различных районах Республики Мордовия, и изучение патогенных свойств у штаммов широко распространенных и редко встречающихся видов рода *Fusarium*.

**Методика.** Материалом для исследований служили образцы растений яровой пшеницы (*Triticum L.*), ячменя (*Hordeum L.*) и овса (*Avena L.*) (всего 38 сортообразцов), собранные в Чамзинском, Темниковском, Дубёнском, Старошайговском, Атюрьевском и Ельниковском районах Республики Мордовия (Средневолжский регион Российской Федерации) в производственных посевах в 2011 году. Растения в стадии колошения имели признаки поражения листовыми пятнистостями и корневыми гнилями.

Грибные патогены выделяли по методике И.А. Дудка (20). Образцы растений с признаками поражения тщательно промывали водой и подсушивали на фильтровальной бумаге. Участки зараженной ткани (листья, корни) разрезали на фрагменты размером 3-7 мм, стерилизовали в 50 % спирте в течение 1 мин и в асептических условиях раскладывали на поверхность 2 % картофельно-глюкозного агара в чашках Петри по 4-5 отрезков в каждую. Чашки Петри помещали в термостат при температуре 22-24 °С. Наблюдение за ростом грибов проводили ежедневно. По мере роста кусочки мицелия грибов пересевали на новую питательную среду в центр чашки Петри. В результате последовательных 2-3-кратных отсевов выделяли чистые культуры (изоляты), которые просматривали под микроскопом Olympus CX41 («Olympus Corporation», Япония) при увеличении  $\times 850$  на наличие спор для идентификации видов. При выявлении видовой принадлежности использовали определители В.И. Билай (21), Б.А. Хасанова (18), Ф.М. Dugan (22), W. Gerlach и Н. Nirenberg (23), W.C. Snyder и Н.Н. Hansen (24), E.G. Simmons (25). Для оценки однородности морфолого-культуральных признаков проводили рассев не менее чем 20 моноконидиальных культур гриба. Моноконидиальные культуры получали высевом серийных разведений суспензий спор.

Патогенные и фитотоксичные свойства штаммов изучали при помощи биопробы на семенах (11). В качестве тест-объекта использовали проростки пшеницы сорта Мироновская 808, восприимчивого ко всем видам возбудителей корневой гнили. Для определения патогенных свойств семена тест-объекта проращивали в суспензии конидий ( $10^6$ ), для выявления фитотоксичности — обрабатывали фильтратом культуральной жидкости. По патогенности и токсичности штаммы возбудителей дифференцировали на четыре группы: непатогенные и нетоксичные (ингибирование роста растений на 0-30 %), слабопатогенные и слаботоксичные (ингибирование на 31-50 %), умеренно патогенные и умеренно токсичные (ингибирование на 51-70 %), патогенные и токсичные (ингибирование свыше 70 %).

О патогенности и токсичности изолятов гриба судили по степени подавления прорастания семян, замедления развития ростков и особенно корней, поскольку длина корней — наиболее информативный показатель

в случае болезней с этой этиологией. Длину корней семян, пророщенных в воде (контроль), принимали за 100 %.

Все опыты проводили в 3 повторностях. Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью пакета программ Microsoft Excel.

**Результаты.** В процессе микологических исследований из пораженных корней и листьев яровой пшеницы, ячменя и овса в чистую культуру были выделены 457 изолятов патогенных и сапрофитных грибов разных видов. У них не наблюдалось четкой специализации в отношении определенных культур зерновых (табл. 1).

### 1. Частота встречаемости некоторых видов грибов, выделенных с зерновых культур в Республике Мордовия (2011 год)

Возбудитель	Пшеница	Ячмень	Овес
<i>Fusarium oxysporum</i>	+++	+++	++
<i>F. heterosporum</i>	+++	+++	++
<i>F. sporotrichioides</i>	+++	+	+
<i>F. redolens</i>	-	+	-
<i>F. verticillioides</i>	-	-	+
<i>F. tricinctum</i>	-	-	+
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	+++	+++	+
<i>Alternaria</i> sp.	+++	+++	+++
<i>Arthrinium</i> sp.	++	+	++
<i>Epicoccum</i> sp.	++	++	++
<i>Trichoderma</i> sp.	+++	+++	+++
<i>Acremonium strictum</i>	+++	+++	++

Примечание. «+» — от 1 до 5 изолятов одного вида; «++» — от 6 до 10 изолятов одного вида; «+++» — от 11 и более изолятов одного вида. Прочерк означает, что изолятов этого вида не выявили.

### 2. Штаммы грибов из родов *Fusarium* и *Bipolaris*, выделенных с пораженных образцов зерновых культур на территории Республики Мордовия (2011 год)

Изолят	Видовая принадлежность	Происхождение (район)	Симптоматика
Яровая пшеница			
РМДсуг-1к/3	<i>F. heterosporum</i>	Дубёнский	Корневая гниль
РМДсуг-1к/11	<i>F. heterosporum</i>	Дубёнский	Корневая гниль
РМД-4к/4	<i>B. sorokiniana</i>	Дубёнский	Корневая гниль
РМА-6л/5	<i>F. sporotrichioides</i>	Атюрьевский	Пятнистость листьев
РМА-6л/2	<i>B. sorokiniana</i>	Атюрьевский	Пятнистость листьев
Яровой ячмень			
РМЧ-2к/2	<i>F. heterosporum</i>	Чамзинский	Корневая гниль
РМЧ-2к/3	<i>F. heterosporum</i>	Чамзинский	Корневая гниль
РМТ-3к/2	<i>F. heterosporum</i>	Темниковский	Корневая гниль
РМД-3к/1	<i>F. heterosporum</i>	Дубёнский	Корневая гниль
РМЧ-2к/4	<i>F. oxysporum</i>	Чамзинский	Корневая гниль
РМЕ-5к/1	<i>F. oxysporum</i>	Ельниковский	Корневая гниль
РМЕ-5к/3	<i>F. oxysporum</i>	Ельниковский	Корневая гниль
РМА-7к/1	<i>F. oxysporum</i>	Атюрьевский	Корневая гниль
РМТ-4к/1	<i>F. redolens</i>	Темниковский	Корневая гниль
РМК-2к/1	<i>B. sorokiniana</i>	Краснослободский	Корневая гниль
РМД-3л/1	<i>F. heterosporum</i>	Дубёнский	Пятнистость листьев
РМТем-3л/2	<i>F. heterosporum</i>	Темниковский	Пятнистость листьев
РМА-7л/1	<i>F. oxysporum</i>	Атюрьевский	Пятнистость листьев
РМК-2л/2	<i>B. sorokiniana</i>	Краснослободский	Пятнистость листьев
РМТ-4л/1	<i>B. sorokiniana</i>	Торбеевский	Пятнистость листьев
РМЕ-5л/2	<i>B. sorokiniana</i>	Ельниковский	Пятнистость листьев
РМЕ-5л/4	<i>B. sorokiniana</i>	Ельниковский	Пятнистость листьев
Яровой овес			
РМС-1к/1	<i>F. verticillioides</i>	Старошайговский	Корневая гниль
РМС-1к/7	<i>F. tricinctum</i>	Старошайговский	Корневая гниль

Среди гембиотрофных грибов преобладали изоляты из родов *Fusarium* (*F. heterosporum*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*) и *Bipolaris* (*B. sorokiniana*). Виды *F. redolens*, *F. verticillioides*, *F. tricinctum* встречались редко. Наряду с патогенными видами в чистую культуру было выделено большое количество изолятов, принадлежащих к сопутствующей микрофлоре. Это сапрофитные виды грибов *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Mortierella elongata* var. *elongata* Linnem., *Papulaspora appendicularis* H.H. Hotson, *Clo-*

*nostachys rosea* f. *catenulata* (J.C. Gilman et E.V. Abbott) Schroers, *Acremonium strictum* W. Gams, *Trichoderma hamatum* (Bonord.) Bainier и др.

Клоны патогенных видов грибов, выделенные с корней и листьев зерновых культур, имели неоднородную топографию колоний. Для определения морфолого-культуральных признаков в популяциях разных видов грибов, отбора стабильных по этим признакам штаммов и изучения их патогенных и токсичных свойств изолированные клоны подвергали последовательной конидиальной селекции. В результате 2-3-кратного моноспорового отбора получили 24 штамма грибов из родов *Fusarium* и *Bipolaris*, характеризующихся стабильными морфолого-культуральными признаками (табл. 2).

Как правило, морфолого-культуральные признаки колоний чистых культур гриба (клоны), выделенных из образцов пораженных растений, и колонии штаммов, прошедших моноспоровый отбор, различались. Например, клоны *F. sporotrichioides* образовывали колонии с неоднородной плотностью мицелия с неровными краями, часто возникали секторы с разными типами мицелия. Колонии моноспоровых культур (штаммы РМА-6л/2 и РМА-6л/5) имели однородную текстуру мицелия, который был розовым, приподнятым к середине (рис. 1).

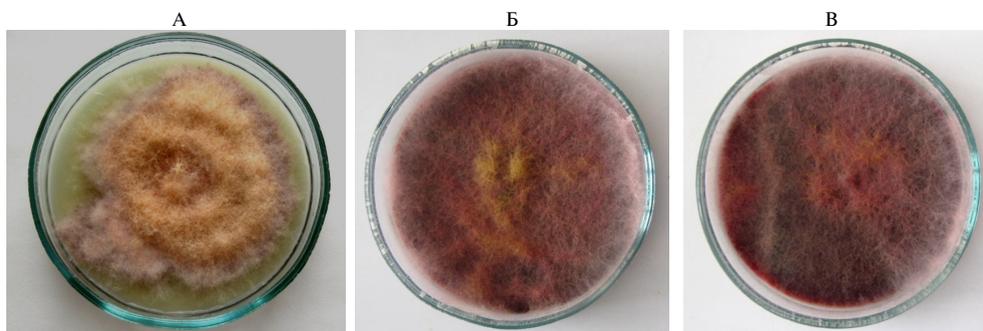


Рис. 1. Изоляты *Fusarium sporotrichioides*, выделенные с корней растений пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и выращенные на 2 % картофельно-глюкозном агаре: А — клон гриба, нестабильный по морфолого-культуральным признакам, Б — моноспоровая культура РМА-6л/2, В — моноспоровая культура РМА-6л/5.

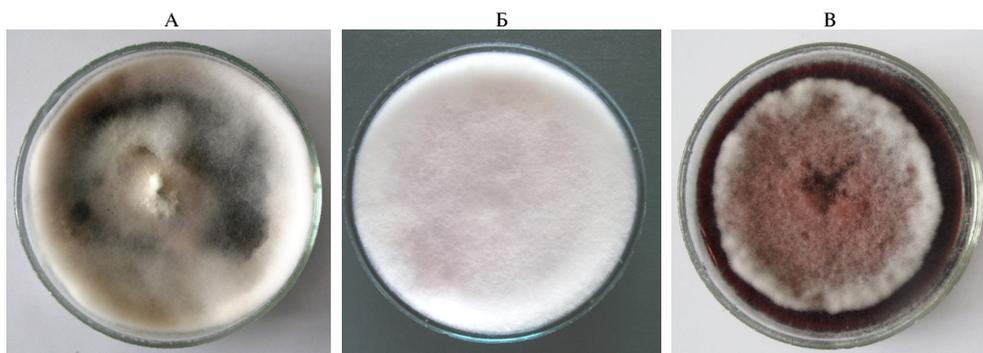


Рис. 2. Изоляты *Fusarium oxysporum*, выделенные с корней растений пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и выращенные на 2 % картофельно-глюкозном агаре: А — клон гриба, нестабильный по морфолого-культуральным признакам, Б — моноспоровая культура РМЕ-5к/3, В — моноспоровая культура РМА-7к/1.

Это было характерно и для *F. oxysporum*. Изоляты гриба, выделенные с пораженных корней или листьев, образовывали колонии с неоднородным по топографии мицелием, часто с пленчатыми и лизирующими участками. Штаммы гриба после 2-3-кратного моноспорового отбора, как правило, имели колонии однородной консистенции и окраски, например

паутинистый белый мицелий с включениями лилового (или оливкового) цвета или приземистый бордовый (рис. 2). Для некоторых штаммов *F. heterosporum* даже после многократного конидиального отбора при рассеве оказалось характерно наличие колоний с разными морфолого-культуральными признаками. Так, большинство моноспоровых колоний штаммов РМЧ-2к/2 и РМТем-3л/2 имели пышный мицелий с кремовым оттенком, но у 10-20 % колоний наблюдали белый однородный мицелий (рис. 3).

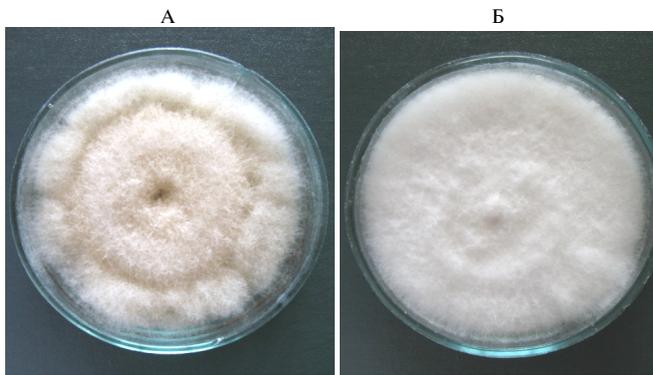


Рис. 3. Моноспоровые колонии штаммов *Fusarium heterosporum*, выращенные на 2 % картофельно-глюкозном агаре: А — РМДсуг-1к/11, выделенный с корней пшеницы, Б — РМД-3к/1, выделенный с корней ячменя.

Колонии *Bipolaris sorokiniana* по морфологии были типичны для вида: изоляты гриба, выделенные с корней зерновых, как правило, формировали неоднородные пышные колонии серого цвета, часто с секторами черного цвета. Штаммы гриба, полученные после ряда моноспоровых генераций, имели черный, гладкий, бархатистый мицелий, состоящий из на-

лета конидий. В обоих случаях цвет реверса колоний был черным (рис. 4).

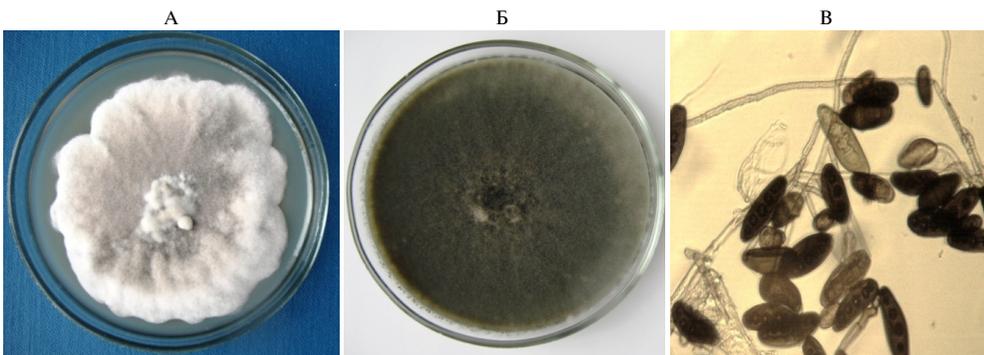


Рис. 4. Изоляты *Bipolaris sorokiniana*, выделенные с корней растений ячменя (*Hordeum vulgare* L.) и выращенные на 2 % картофельно-глюкозном агаре: А — клон гриба, нестабильный по морфолого-культуральным признакам, Б — моноспоровая культура; В — конидии штамма РМЕ-5л/2 (увеличение  $\times 850$ , микроскоп Olympus CX41, Япония).

Разнообразие колоний грибов в пределах вида по морфолого-культуральным признакам зависело в основном от генетического материала в многоклеточных конидиях патогенов. Седует отметить, что морфологические признаки колоний моноконидиальных культур одного вида не были связаны со специализацией гриба. Например, колонии штаммов *F. heterosporum*, выделенные с корней пшеницы (РМДсуг-1к/3, РМДсуг-1к/11) и ячменя (РМЧ-2к/2, РМЧ-2к/3, РМТ-3к/2), имели одинаковые морфолого-культуральные признаки на 2 % картофельно-глюкозном агаре. Штаммы грибов в пределах вида характеризовались высокой однородностью колоний моноконидиальных изолятов по морфолого-культуральным признакам (80-100 %).

Известно, что штаммы родов *Fusarium* и *Bipolaris* обладают внутривидовой изменчивостью, которая у этой группы грибов в значительной степени определяет патогенез. Мы изучили патогенные и фитотоксичные

свойства широко распространенных (*B. sorokiniana*, *F. heterosporum*, *F. oxysporum*, *F. sporotrichioides*) и редко встречающихся (*F. redolens*, *F. verticilloides*, *F. tricinatum*) видов грибов (табл. 3).

### 3. Характеристика штаммов грибов *Fusarium* spp. и *Bipolaris* sp., выделенных на разных культурах, по патогенности и фитотоксичности на всходах восприимчивого тест-сорта Мироновская 808

Изолят	К	Патогенность				Токсичность			
		В	длина, мм ( $X \pm x$ )		С	В	длина, мм ( $X \pm x$ )		С
			ростков	корней			ростков	корней	
<i>F. heterosporum</i>									
РМДсуг-1к/3	Пшеница	100,0	105,3±3,3	84,4±3,4	НП*	96,7	31,4±2,5	24,1±2,0	Т
РМДсуг-1к/11	Пшеница	46,2	26,8±12,1	26,6±10,0	П	42,9	27,9±13,8	8,7±3,6	Т
РМЧ-2к/2	Ячмень	109,4	95,0±3,8	77,7±3,5	НП	90,0	38,7±4,7	21,3±2,3	Т
РМЧ-2к/3	Ячмень	103,5	100,7±3,0	64,6±2,5	СП	95,0	9,8±1,0	6,5±0,7	Т
РМТ-3к/2	Ячмень	103,4	104,8±4,2	77,9±3,8	НП	93,3	16,7±2,0	12,8±1,6	Т
РМД-3к/1	Ячмень	30,8	15,8±10,3	17,8±8,8	П	—	—	—	—
РМД-3л/1	Ячмень	103,4	113,7±3,9	95,6±3,3	НП	86,7	28,8±2,7	12,7±1,2	Т
РМТем-3л/2	Ячмень	61,5	40,6±14,2	33,7±10,3	УП	114,3	99,6±16,3	44,8±6,8	УТ
<i>F. oxysporum</i>									
РМЧ-2к/4	Ячмень	66,7	63,1±4,3	54,7±11,4	СП	93,8	31,3±5,6	7,0±1,4	Т
РМЕ-5к/1	Ячмень	100,0	109,3±6,4	114,2±5,2	НП	81,3	21,3±3,5	15,7±3,8	Т
РМА-7к/1	Ячмень	50,0	54,1±5,9	49,5±2,7	УП	93,8	11,6±2,4	4,9±0,3	Т
РМА-7л/1	Ячмень	22,2	12,5±6,8	8,5±3,9	П	12,5	3,0±2,2	1,2±0,8	Т
<i>F. sporotrichioides</i>									
РМА-6л/5	Пшеница	15,4	3,1±2,2	1,2±0,8	П	42,9	17,7±7,9	4,3±2,1	Т
<i>F. redolens</i>									
РМТ-4к/1	Ячмень	69,2	85,9±3,0	88,5±3,4	НП	100,0	79,1±6,4	49,6±9,5	УТ
<i>F. verticilloides</i>									
РМС-1к/1	Овес	100,0	106,8±4,5	91,0±2,9	НП	103,4	29,6±2,1	24,2±3,0	Т
<i>F. tricinatum</i>									
РМС-1к/7	Овес	69,6	64,3±9,7	73,2±9,8	НП	30,0	1,3±0,6	3,2±1,3	Т
<i>B. sorokiniana</i>									
РМД-4к/4	Пшеница	46,2	4,6±2,5	13,3±2,1	П	62,1	20,1±2,5	13,8±2,2	Т
РМА-6л/2	Пшеница	34,6	10,7±1,9	17,8±2,7	П	71,4	6,7±3,8	8,5±0,9	Т
РМК-2к/1	Ячмень	42,3	10,0±1,9	18,9±2,6	П	75,0	13,2±2,3	12,2±2,2	Т
РМК-2л/2	Ячмень	61,5	18,4±1,5	11,1±2,4	П	7,1	1,0±0,5	0,8±0,3	Т
РМТ-4л/1	Ячмень	57,7	36,4±2,8	25,5±5,3	П	60,0	22,2±4,1	10,1±1,7	Т
РМЕ-5л/2	Ячмень	20,7	5,3±3,9	1,3±3,5	П	64,3	15,7±2,9	14,4±2,7	Т
РМЕ-5л/4	Ячмень	34,5	12,1±3,1	8,1±2,7	П	27,6	7,6±3,6	5,1±3,1	Т

Примечание. К — культура, В — всхожесть, С — степень патогенности; НП — непатогенный, СП — слабопатогенный, УП — умеренно патогенный, УТ — умеренно токсичный, П — патогенный, Т — токсичный. Прочерки означают, что по варианту испытания не проводились.

Для первых был характерен широкий круг хозяев — пшеница, ячмень, овес. Практически все штаммы видов гембиотрофов оказались токсичными для проростков тест-объекта. Характер проявления патогенных свойств у штаммов распространенных видов рода *Fusarium* был неоднозначным, что свидетельствовало об их сильной внутривидовой изменчивости по изучаемому признаку. Штаммы редко встречающихся видов грибов обладали токсичностью для проростков тест-культуры, но оказались непатогенными, что, возможно, объясняет их незначительную представленность в микобиоте корневых гнилей. Из всех изученных видов грибов только штаммы *B. sorokiniana* имели высокую патогенность и токсичность для тест-растений.

Таким образом, микологическое изучение прикорневой части у растений пшеницы, ячменя и овса, собранных в производственных посевах в Республике Мордовия, позволило определить видовой состав основных возбудителей корневых гнилей, принадлежащих к видам *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium heterosporum*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*, *F. redolens*, *F. verticilloides*, *F. tricinatum* и *B. sorokiniana*. Виды *F. redolens*, *F. verticilloides*, *F. tricinatum* встречались редко. Клоны патогенных видов грибов, выделенные с корней или листьев зерновых культур, и штаммы этих же видов, полученные в результате моноспоровой селекции, различались топографией колоний: первые имели неровные края с секторами мицелия

разной консистенции, вторые характеризовались равномерным ростом и однородным мицелием. В результате последовательного моноконидиального отсева отобраны 24 штамма грибов из родов *Fusarium* и *Bipolaris*, характеризующиеся стабильными морфолого-культуральными свойствами. По признакам штаммы одного вида, выделенные с различных зерновых, не различались на 2 % картофельном агаре. Установлена специализация штаммов *B. sorokiniana*, *F. heterosporum*, *F. sporotrichioides* и *F. oxysporum* в отношении изучаемого круга хозяев — пшеницы, ячменя, овса. Возможно, этим объясняется их высокая распространенность в популяциях гембиотрофов, сохраняющихся в почве, на корнях сорной растительности и на пожнивных остатках многих сельскохозяйственных культур. Частота встречаемости изолятов гельминтоспориозной корневой гнили и бурой пятнистости листьев, вызываемых *B. sorokiniana*, во всех растительных образцах изученных зерновых культур была самой высокой. Такое превалирование изолятов *B. sorokiniana* объясняется высокой патогенностью и токсичностью этого гриба для разных зерновых культур.

<sup>1</sup>ФГБНУ Всероссийский НИИ фитопатологии,  
143050 Россия, Московская обл., Одинцовский р-н,  
пгт Большие Вяземы, ул. Институт, владение 5,  
e-mail: kiseleva@vniif.ru;

<sup>2</sup>Аграрный институт Мордовского

государственного университета им. Н.П. Огарева,  
430005 Россия, Республика Мордовия, г. Саранск,  
ул. Большевицкая, 68,  
e-mail: van20099@mail.ru

Потупила в редакцию  
26 декабря 2014 года

*Sel'skokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2016, V. 51, № 1, pp. 119-127

## IDENTIFICATION OF ROOT ROT PATHOGENS ISOLATED ON SPRING GRAIN CROPS IN REPUBLIC OF MORDOVIA

M.I. Kiseleva<sup>1</sup>, N.S. Zhemchuzhina<sup>1</sup>, V.P. Dubovoi<sup>1</sup>, V.V. Lapina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>All Russian Research Institute of Phytopathology, Federal Agency of Scientific Organizations, vl. 5, ul. Institut, pgt Bol'shie Vyazemy, Odintsovo Region, Moscow Province, 143050 Russia, e-mail kiseleva@vniif.ru;

<sup>2</sup>Institute of Agriculture of N.P. Ogarev Mordovia State University, 68, Bol'shevitskaya ul., Saransk, Republic of Mordovia, 430005 Russia, e-mail van20099@mail.ru

Received December 26, 2014

doi: 10.15389/agrobiol.2016.1.119eng

### Abstract

The root rot caused by fungi of *Fusarium* and *Bipolaris* genera has damaged both winter and spring cereals. The specific range of the disease agents is characteristic to certain ecological and geographical areas. Root Rot symptoms on wheat (*Triticum* L.), rye (*Secale cereale* L.), oats (*Avena* L.) and barley (*Hordeum* L.) plants are similar. The soil is the basic source of the infection. Also mass infection has been transferred by seeds in the years of abundant precipitations. Pathogenic properties of the root rot agents is due to their ability to develop hydrolytic enzymes and toxins, such as helminthosporol, helminthosporal, victoxin in *B. sorokiniana* strains, isomarticin, zearalenone, diacetoxyscirpenol, nivalenol in *Fusarium* spp., etc. The *Fusarium* and *Bipolaris* species are facultative parasites. In the paper the study of fungal species causing root rot and leaf spot of cereals in the Republic Mordovia territory, and also pathogenic properties of widespread and infrequent *Fusarium* spp. has been represented. Damaged plants of spring wheat, barley and oats (a total of 38 cultivars) in heading stage were sampled. The infected leaves and roots were cut into fragments, aseptically sterilized and placed in Petri dishes on 2 % potato-glucose agar. During growth, the mycelia slices were transferred on a new nutrient medium. As a result, the pure cultures were isolated and the morphology of their colonies were studied. For the evaluation of morphology uniformity of strains, we isolated not less than 20 single spore cultures of fungi using serial cultivations of spore suspensions. Pathogenic and toxic properties of *Fusarium* spp. and *Bipolaris* sp. strains were studied in bio-test on seeds of susceptible wheat cultivar Mironovskaya 808. Finally, there were a total of 457 isolates of pathogenic and saprophytic fungi. No clear specialization of fungi species to cereals was shown. The several species of genera *Fusarium* (*F. heterosporum*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*) and *Bipolaris* (*B. sorokiniana*) prevailed on roots of wheat, barley and oat plants. Isolates of *F. redolens*, *F. verticil-*

*lioides*, *F. tricinctum* were few. There were many accompanying saprophytic isolates allocated together with pathogenic fungi, such as *Alternaria alternata*, *Mortierella elongata* var. *elongata*, *Papulaspora appendicularis*, *Clonostachys rosea* f. *catenulata*, *Acremonium strictum*, *Trichoderma hamatum*, etc. As a result of monosporous selections, 24 strains of *Fusarium* spp. and *Bipolaris* sp. with stable morphology have been isolated. The wide rang of plant-hosts was found out for *F. heterosporum*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum* and *Bipolaris sorokiniana*. The widespread species of fungi had various pathogenic and toxic properties, indicating their strong intraspecific variability. Rare fungal species possessed toxicity to test-plant seedlings, but were not pathogenic. This fact possibly explains their low frequency in the root rot mycobiota. *B. sorokiniana* strains were highly pathogenic and toxic to tests plants.

Keywords: root rots, *Fusarium*, *Bipolaris*, isolates, morphology of colonies, culture, pathogenicity, toxicity.

## REFERENCES

1. Kistler H.C. *Evolution of host specificity in Fusarium oxysporum*. APS Press, St. Paul, Minnesota, 2001: 70-96.
2. Windels C.E. Economic and social impacts of *Fusarium* head blight: Changing farms and rural communities in the Northern Great Plains. *Phytopathology*, 2000, 90: 17-21 (doi: 10.1094/PHYTO.2000.90.1.17).
3. Kovalenko E.D., Kiseleva M.I., Solomatina D.A. *Agrokhimiya*, 2002, 7: 67-74.
4. Alekhin V.T. *Zashchita i karantin rastenii*, 2006, 5: 7-10.
5. Sanin S.S., Nazarova L.N. *Zashchita i karantin rastenii*, 2010, 2: 70-87.
6. Chulkina V.I. *Kornevye gnili khlebnnykh zlakov v Sibiri* [Root rots of cereals in Siberia]. Novosibirsk, 1985.
7. Kiseleva M.I., Kovalenko E.D. Barley Root Rot agents in different areas of Russia. APS/SON Joint Meeting (July 28-August 1, 2007, San Diego, USA). APS Meeting Abstracts. *Phytopathology*, 97(7): 57.
8. Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Abramova S.L., Makarov A.A. *Zashchita i karantin rastenii*, 2014, 1: 48-50.
9. Kiseleva M.I., Zhemchuzhina N.S., Kovalenko E.D., Dubovoi V.P., Makarov A.A. *Zashchita i karantin rastenii*, 2014, 1: 50-52.
10. Wing N., Burgess L.W., Bryden W.L. Cultural degeneration in two *Fusarium* species and its effects on toxicity and cultural morphology. *Mycological Research*, 1995, 99: 615-620 (doi: 10.1016/S0953-7562(09)80721-1).
11. Parfenova T.A., Alekseeva T.P. *Mikologiya i fitopatologiya*, 1995, 29(1): 78-82.
12. Mesterhazy A. Comparative analysis of artificial inoculation methods with *Fusarium* spp. on winter wheat varieties. *Phytopath. Z.*, 1978, 93: 12-25.
13. Levitin M.M., Tyuterev S.L. *Zashchita i karantin rastenii*, 2003, 11: 48.
14. Shoemaker R.A. Nomenclature of *Drechslera* and *Bipolaris*, grass parasites segregated from *Helminthosporium*. *Can. J. Bot.*, 1959, 37(5): 879-887 (doi: 10.1139/b59-073).
15. Watanabe T. *Pictorial atlas of soil and seed fungi. Morphologies of cultured fungi and key to species*. CRC Press, NY, 2010.
16. Samokhina I.Ju., Kovalenko E.D., Srizhekozina Ju.A. Variability of *Fusarium culmorum* — agent of Head Blight. *Annual Meeting of the Phytopathological Society*. Quebec City, Canada, 2006: 102.
17. Leslie J.F., Brett A. *Summerell. The Fusarium laboratory manual*. Blackwell Publishing, Ames Iowa, USA, 2006.
18. Khasanov B.A. *Opredelitel' gribov vzbuditelei «gel'mintosporiozov» rastenii iz rodov Bipolaris, Drechslera i Exserohilum* [Fungi *Bipolaris*, *Drechslera* and *Exserohilum* as causal agents of helminthosporiosis: manual of systematic mycology]. Tashkent, 1992.
19. Gargouri-Kammoun L., Gargouri S., Rezgoui S., Bahri N., Hajlaoui M.R. Pathogenicity and aggressiveness of *Fusarium* and *Microdochium* on wheat seedlings under controlled conditions. *Tunisian J. Plant Pathol.*, 2009, 4: 135-144.
20. Dudka I.A. *Metody eksperimental'noi mikologii* [Methods of experimental mycology]. Kiev, 1982.
21. Bilai V.I. *Mikroorganizmy — vzbuditeli boleznei rastenii* [Microbial phytopathogens]. Kiev, 1988.
22. Dugan F.M. *The identification of fungi. All illustrated introduction with keys, glossary, and guide to literature*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA, 2008.
23. Gerlach W., Nirenberg H. The genus *Fusarium* — a pictorial atlas. *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, 1982, 209: 1-406.
24. Snyder W.C., Hansen H.N. Advantages of natural media and environments in the culture of fungi. *Phytopathology*, 1947, 37: 420-421.
25. Simmons E.G. *Alternaria. An identification manual*. Utrecht, CBS, 2007.