М И К О Л О Г И Я И Ф И Т О П А Т О Л О Г И Я

Том 43 2009 Вып. 4

УДК 582.288 : 57.06(471)

©*Т. Ю. Гагкаева*

ФИТОПАТОГЕННЫЙ ГРИБ *FUSARIUM CEREALIS* НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

G A G K A E V A T. Yu. PHYTOPATHOGENIC FUNGUS *FUSARIUM CEREALIS* ON THE TERRITORY OF RUSSIA

Гриб *Fusarium cerealis* (Cooke) Sacc. (1886) [син. *F. crookwellense* L. W. Burgess, P. E. Nelson et Toussoun (1982)], патоген многих видов растений, до настоящего времени на территории России не был описан. По всей видимости, изоляты *F. cerealis* часто идентифицируют как *F. culmorum* (W. G. Smith) Sacc. (1895) или как *F. graminearum* Schwabe (1839), поскольку по своей морфологии они сходны с указанными видами. Усложняет ситуацию отсутствие описания диагностических признаков гриба *F. cerealis* на русском языке. Однако его широкое распространение в различных странах мира и патогенность к различным видам растений должны привлечь внимание исследователей к этому виду.

Впервые *F. crookwellense* описан микологами в результате изучения штаммов *Fusarium*, выделенных из клубней картофеля в 1971 г. в Австралии в районе Круквел (Burgess et al., 1982). В таксономической системе Марасаса и соавторов (Marasas et al., 1984) *F. crookwellense* отнесен к секции *Discolor*. Описание этого вида отсутствует в книге «Атлас грибов рода *Fusarium*», опубликованной немецкими микологами Герлах и Ниренберг (Gerlach, Nirenberg, 1982). Позже Ниренберг (Nirenberg, 1990) описала *F. crookwellense* как вид, идентичный *F. cerealis*, и рекомендовала использовать первоначальное название гриба *F. cerealis*. Ранее, в таксономической системе Волленвебера и Рейнкина (Wollenweber, Reinking, 1935) название *cerealis* было предложено для разновидности гриба *F. culmorum*, по описанию соответствующее современной концепции вида *F. cerealis*. Многие микологи настаивают на приоритетном использовании первоначального названия гриба — *F. cerealis* (Seifert et al., 2008), поэтому при цитировании публикаций мы будем использовать современное наименование, даже если в оригинальной статье использовано название *F. crookwellense.*

F. cerealis выявлен как патоген различных видов растений. Так, например, он вызывает стеблевые гнили хлопчатника (Wang et al., 2004), гниль шишек хмеля (Pethybridge et al., 2001) и плодов авокадо (Hartill, 1991). Это опасный патоген зерновых культур, который вызывает корневую гниль и фузариоз колоса. В комплексе патогенов, вызывающих фузариоз зерна, *F. cerealis* встречается в Северной Америке, Канаде, во многих странах Европы, а также в Южной Африке, Австралии, Новой Зеландии и Китае (Kwaona, Chelkowski, 1988; Adler et al., 1995; De Nijs et al., 1996; Tan et al., 2004; Kriel, Pretorius, 2005; Llorens et al., 2006; Šrobárová et al., 2008). В Японии этот гриб впервые был идентифицирован в комплексе возбудителей фузариоза пшеницы в 1991 г. (Sugiura et al., 1993, 1994).

В Европе *F. cerealis* часто встречается в регионах с умеренным климатом и в комплексе возбудителей фузариоза зерновых культур уступает лишь видам *F. graminea-*

rum, *F. culmorum* и *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. (1886) (Logrieco et al., 2003). Кроме того, этот патоген входит в группу доминирующих видов, вместе с *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. subglutinans* (Wollenw. et Reinking) P. E. Nelson, Toussoun et Marasas (1983), которые вызывают красную гниль кукурузы, составляют 90—95 % от всех выделенных изолятов рода *Fusarium* (Logrieco et al., 2003). В Новой Зеландии вид *F. cerealis* является вторым по встречаемости после *F. graminearum* патогеном початков и листьев кукурузы (Lauren, Di Minna, 1999).

Воздействие культуральным фильтратом *F. cerealis* на проростки пшеницы снижало их длину на 57 % (Wakuliñski, 1989). Анализ колосьев пшеницы на сканирующем электронном микроскопе не выявил различий в инфекционном процессе, вызываемом *F. graminearum* и *F. cerealis*. Однако штаммы *F. graminearum* были более агрессивными при 22 и 24.6 °C, тогда как агрессивность *F. cerealis* проявлялась при 13.8 °C (Boshoff et al., 1999). Японские исследователи показали, что первые симптомы поражения колосьев пшеницы и ячменя после опрыскивания суспензией конидий *F. cerealis* в теплице при 25 °C появлялись только на 11—15-е сутки, в то время как симптомы поражения *F. graminearum* отмечены на 7-е сутки (Sigiura et al., 1994). В опытах австралийских и южноафриканских исследователей патогенность гриба *F. cerealis* к колосьям пшеницы также была несколько ниже, чем *F. graminearum* (Akinsanmi et al., 2004; Kriel, Pretorius, 2005). Кроме того, штаммы *F. cerealis* вызывали симптомы корневой гнили при искусственном заражении пшеницы (Liddell, 1985; Akinsanmi et al., 2004). Штаммы *F. cerealis*, выделенные из стеблей кукурузы, были менее агрессивными к проросткам кукурузы, чем *F. graminearum* и *F. culmorum* (Pronczuk et al., 1991). Штаммы *F. cerealis* высокопатогенны к проросткам овса в лабораторных условиях (Kiecana, Kocylak, 1999). При инокуляции суспензией конидий гриба в полевых условиях 10 сортов и 4 линий овса урожай снижался в среднем на 32 %, количество зерна на 24 % (Mielniczuk et al., 2004).

Известно, что штаммы *F. graminearum*, *F. culmorum* и *F. cerealis* продуцируют трихотеценовые микотоксины группы B и подразделяются на два хемотипа по способности продуцировать дезоксиниваленол (ДОН) или ниваленол (НИВ) (Ichinoe et al., 1983). Штаммы *F. cerealis* продуцируют НИВ и не продуцируют ДОН (Golinski et al., 1988; Vesonder et al., 1991; Bottalico, Perrone, 2002; Logrieco et al., 2003; Llorens et al., 2006). В Японии *F. cerealis* совместно с *F. poae* рассматриваются как основные источники загрязнения зерна НИВ (Sugiura et al., 1993, 1994). Штаммы *F. cerealis* также могут продуцировать фузариевую кислоту (Bacon et al., 1996), зеараленон (Bottalico, Perrone, 2002), фузарин C (Thrane, 1988), диацетоксисцирпенол (Vesonder et al., 1991). Показана различная способность штаммов *F. cerealis* из Северной Америки, Европы и Австралии продуцировать токсины (Vesonder et al., 1991).

Отмечено значительное генетическое сходство видов *F. graminearum*, *F. culmorum* и *F. cerealis* при использовании RAPD-PCR (Schilling et al., 1996). Виды *F. cerealis*, *F. graminearum* и *F. culmorum* имеют сходный кластер генов, ответственных за биосинтез трихотеценовых микотоксинов (Logrieco et al., 1999; Chandler et al., 2003). Анализ полиморфизма изозимных профилей (Láday, Szécsi, 2001), нуклеотидных последовательностей ITS-регионов рибосомальной ДНК (Tan, Niessen, 2003), генов β-тубулина (Aoki, O'Donnell, 1999) и фактора элонгации 1α (Kristensen et al., 2007) показал близкое родство изучаемых видов, при этом штаммы *F. cerealis* всегда составляют собственную группу.

Телеоморфа гриба *F. cerealis* в природе не выявлена, однако по половой стадии гриб относится к роду *Gibberella*. Установлено, что *F. cerealis*-гетероталличный вид, поскольку штаммы гриба имеют разные типы спаривания MAT-1 или MAT-2 (Kerényi et al., 2004).

В результате наших исследований гриб *F. cerealis* был обнаружен на территории Северо-Кавказского, Центрального и Дальневосточного регионов. Штаммы гриба, идентифицированные как *F. cerealis*, были выделены нами в 2003 г. из зерна пшеницы на территории Северной Осетии. Среди культур *F. culmorum*, изолированных из зерна пшеницы и ячменя урожая 2002—2003 гг. в Приморском крае (Уссурийск, Ка-

мень-Рыболов) России и Хейлунцзянской провинции Китая, были обнаружены штаммы, отличающиеся от этого вида, которые впоследствии были переопределены нами как *F. cerealis.* В 2004 г. *F. cerealis* был идентифицирован на зерне пшеницы в Краснодарском крае и в 2004—2005 гг. в Северной Осетии с частотой встречаемости 1—4 %. Этот вид был также выделен из зерна пшеницы, выращенной в Орловской и Московской областях в 2004 г. Кроме того, среди изолятов грибов, выделенных из корней пшеницы, выращенной на полях Дальневосточного института защиты растений (ДВНИИЗР, Камень-Рыболов, Приморский край) в 2006 г., также был идентифицирован *F. cerealis.* Этот вид был выделен из листьев бодяка, имеющих признаки некротической пятнистости (Каталог культур грибов.., 2007). Для подтверждения морфологической идентификации видов *F. graminearum* и *F. culmorum* использовали видоспецифичные молекулярные ДНК-праймеры Fg11f/r и 175f/430r соответственно (Yli-Mattila et al., 2004). Идентификация штаммов *F. cerealis* в коллекции грибов также была проведена методом генотипирования однонуклеотидных замен (Yli-Mattila et al., 2007).

Таким образом, по нашему мнению, *F. cerealis* имеет довольно широкое распространение на территории России. Целью настоящих исследований являлось характеристика штаммов *F. cerealis* по морфологическим признакам и патогенности к проросткам пшеницы сорта Московская 39 по сравнению со штаммами *F. graminearum* и *F. culmorum*.

Материал и методы

Использованы моноспоровые изоляты грибов рода *Fusarium*, хранящиеся в коллекции Лаборатории микологии и фитопатологии Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (табл. 1). Для описания культуральных признаков штаммы выращивали на картофельно-сахарозном агаре (КСА) в течение 1 недели в темноте при температуре 23—25 °С. Проводили описание морфологических признаков культур, выращенных на гвоздично-листовом агаре (ГЛА) в течение 10—14 суток в темноте при температуре 23—25 °С (Fisher et al., 1982). Измерение длины и ширины конидий осуществляли с помощью микроскопа «Carl Zeiss» с использованием программы «AxioVision». У трех штаммов каждого вида измеряли не менее 25—50 конидий с определенным количеством перегородок. Для идентификации грибов рода *Fusarium* использовали определители (Gerlach, Nirenberg, 1982; Marasas et al., 1984).

Патогенность штаммов определяли по модифицированной методике Челковского и Манки (Chelkowski, Manka, 1983). Поверхностно стерилизованные 70%-м спиртом зерна пшеницы сорта Московская 39 замачивали на сутки в стерильной воде. Затем зерна с набухшим зародышем раскладывали на поверхности культуры гриба, выращенной в течение одной недели на КСА, по 10 штук на чашку Петри в трехкратной повторности. В контроле зерна раскладывали на поверхности агаризованной среды. Через одну неделю инкубации в темноте при температуре 23—25 °С учитывали длину появившихся ростков и их поражение с использованием четырехбалльной шкалы: 0 — здоровый проросток, 1 — точечные некрозы ткани, 2 — некроз около 50 % площади, 3 — полная гибель. Во всех вариантах измеряли длину каждого появившегося из зерна проростка и подсчитывали среднюю длину проростков. Снижение длины ростков под воздействием гриба оценивали в процентах к средней длине ростков в контроле. Повторность опытов двукратная.

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ морфологии колоний *F. cerealis*, *F. culmorum* и *F. graminearum* на КСА выявил большое сходство *F. cerealis* и *F. culmorum.* Оба вида имеют хлопьевидный, рыхло- или плотнопушистый, войлочный воздушный мицелий, интен-

Таблица 1

Происхождение и патогенность штаммов грибов *Fusarium cerealis*, *F. culmorum* и *F. graminearum*, использованных в исследовании

Вид	Номер штамма	Год выделения	Происхождение	Растение-хозяин	Патогенность	
					длина проростка, %	некроз, баллы
F. cerealis	37031	2003	Китай, Харбин	Пшеница, зерно	38.4	2.7
	41727	2004	Северная Осетия	Бодяк, лист	19.3	3.0
	56050	2005	» »	Пшеница, зерно	17.7	2.8
	64722	2006	ДВ, Хабаровский край	Пшеница, колос	25.7	3.0
	64902	2006	ДВ, Приморский край	Ячмень, зерно	28.2	3.0
Среднее					25.9 ± 3.0	2.9 ± 0.04
F. culmorum	20021	2002	Архангельская обл.	Картофель, клубень	26.2	2.9
	70505	2003	Белоруссия	Пшеница, колос	16.0	2.8
	20300	2004	Ростовская обл.	Бодяк, лист	20.2	3.0
	58802	2005	Московская обл.	Пшеница, зерно	25.1	2.6
	61916	2005	Башкирия	Пшеница, корень	5.8	3.0
	70552	2007	Ленинградская обл.	Конопля, стебель	21.3	2.9
Среднее					19.1 ± 3.3	2.9 ± 0.16
F. graminearum	15001	2003	ДВ, Приморский край	Пшеница, зерно	9.0	3.0
	54148	2003	Калининградская обл.	То же	5.8	3.0
	52002	2004	ДВ, Приморский край	» »	3.0	2.9
	48900	2004	Тульская обл.	» »	3.8	3.0
	48706	2004	Брянская обл.	» »	16.7	2.7
	49601	2004	Ленинградская обл.	Ячмень, зерно	17.3	3.0
	56050	2005	Северная Осетия	Пшеница, зерно	14.7	2.8
	65206	2006	ДВ, Приморский край	То же	19.0	2.7
	64720	2006	ДВ, Хабаровский край	Пшеница, колос	8.3	3.0
	70725	2006	Орловская обл.	Пшеница, зерно	15.0	2.9
Среднее					12.9 ± 1.7	2.9 ± 0.04

Таблица 2

Размер макроконидий штаммов *Fusarium cerealis*, *F. culmorum* и *F. graminearum*, использованных в исследовании

Вид	Количество перегородок в макроконидии, штук	Средний размер, мкм	Варьирование размера, мкм	Соотношение длины и ширины конидий
F. cerealis	5	41.3 × 5.9	31.6—58.1 × 4.8—7.2	7.0
	4	38.2 × 5.9	25.4—48.1 × 4.9—7.0	6.3
	3	30.0 × 5.5	23.5—33.6 × 4.3—7.0	5.2
F. culmorum	5	36.7 × 6.5	30.2—44.9 × 5.1—7.5	5.5
	4	34.7 × 6.2	28.4—39.4 × 5.0—7.6	5.6
	3	28.7 × 6.0	21.5—34.8 × 4.2—7.6	5.6
F. graminearum	5	47.2 × 5.7	39.4—57.5 × 4.6—6.7	8.3
	4	44.2 × 5.4	37.4—50.0 × 4.7—6.5	8.2
	3	41.9 × 5.5	40.5—42.6 × 4.7—6.5	7.5

Примечание. Штаммы выращивали в течение 2 недель на ГЛА при температуре 23 °С.

сивной темно-красной, красно-бурой, желтоватой окраски. Окраска реверса штаммов *F. culmorum* и *F. cerealis* также сходна, от темно-красной до коричнево-бурой. Вместе с тем воздушный мицелий и реверс гриба *F. cerealis* был светлее по сравнению с *F. culmorum* и имел больше желто-охряных оттенков. У *F. graminearum* воздушный мицелий пушистый, хлопьевидный, бело-розовый, розовый, с возрастом появляются желтые оттенки. Реверс розовый, малиново-красный, винно-красный, значительно светлее, чем у *F. culmorum* и *F. cerealis*.

На богатых питательных средах (КСА и других) довольно сложно выявить различия морфологических характеристик грибов *F. graminearum*, *F. culmorum* и *F. cerealis* (Sigiura et al., 1994; Leslie, Summerell, 2006). Наиболее подходящими для этих целей являются питательные агаризованные среды с низким содержанием углеводов. Длина макроконидий с пятью перегородками из спородохий на ГЛА у *F. cerealis* в среднем составила 41.3, у *F. graminearum* — 47.2 и у *F. culmorum* — 36.7 мкм (табл. 2). Различия средней длины конидий достаточно существенные, однако значительное варьирование размеров на практике не позволяет четко разграничивать *F. cerealis* и морфологически близкие виды. Более информативным является форма макроконидий. Большинство макроконидий *F. culmorum* имеют по три-четыре перегородки, в то время как у *F. cerealis* и *F. graminearum* превалируют макроконидии с пятью перегородками, однако у *F. graminearum* макроконидии имеют более или менее одинаковый диаметр на протяжении всей длины (рис. 1). Макроконидии *F. cerealis* длиннее, чем у *F. culmorum*, с большей дорсовентральной, чем вентральной, изогнутостью, с максимальным диаметром в центре конидии. Макроконидии *F. culmorum* однотипной формы, относительно более широкие, чем конидии других анализируемых видов грибов. Апикальные клетки конидий *F. cerealis* постепенно суживающиеся в отличие от резко суживающихся и коротких клеток *F. culmorum*. Базальные клетки конидий *F. cerealis* имеют четко выраженную ножку, в то время как у *F. culmorum* они не всегда четко выражены и могут иметь форму сосочка. Макроконидии *F. graminearum* более узкие и в массе более светлые, чем конидии *F. cerealis* и *F. culmorum*. Все три вида образуют сходные конидиеносцы с монофиалидными конидиогенными клетками (рис. 2, *а*, *б*). Однако спороношение у штаммов *F. cerealis* и *F. culmorum* при росте в одинаковых условиях, как правило, начинается раньше, чем у штаммов *F. graminearum*. Окрашенные, хорошо заметные хламидоспоры в гифах и макроконидиях также образуются обычно быстрее у первых двух видов, чем у *F. graminearum*.

Оценка патогенности штаммов различного происхождения показала, что штаммы *F. cerealis* способны вызывать заболевание растений, однако агрессивность *F. cerealis*

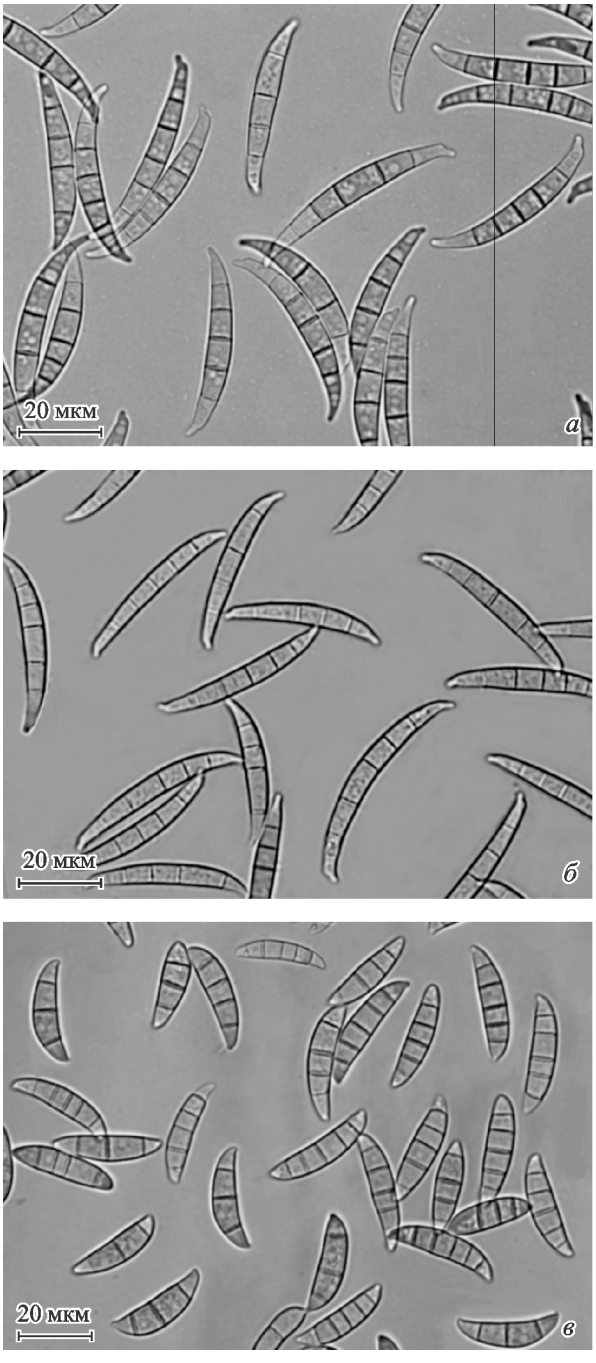

Рис. 1. Макроконидии *F. cerealis* (*а*), *F. graminearum* (*б*) и *F. culmorum* (*в*).

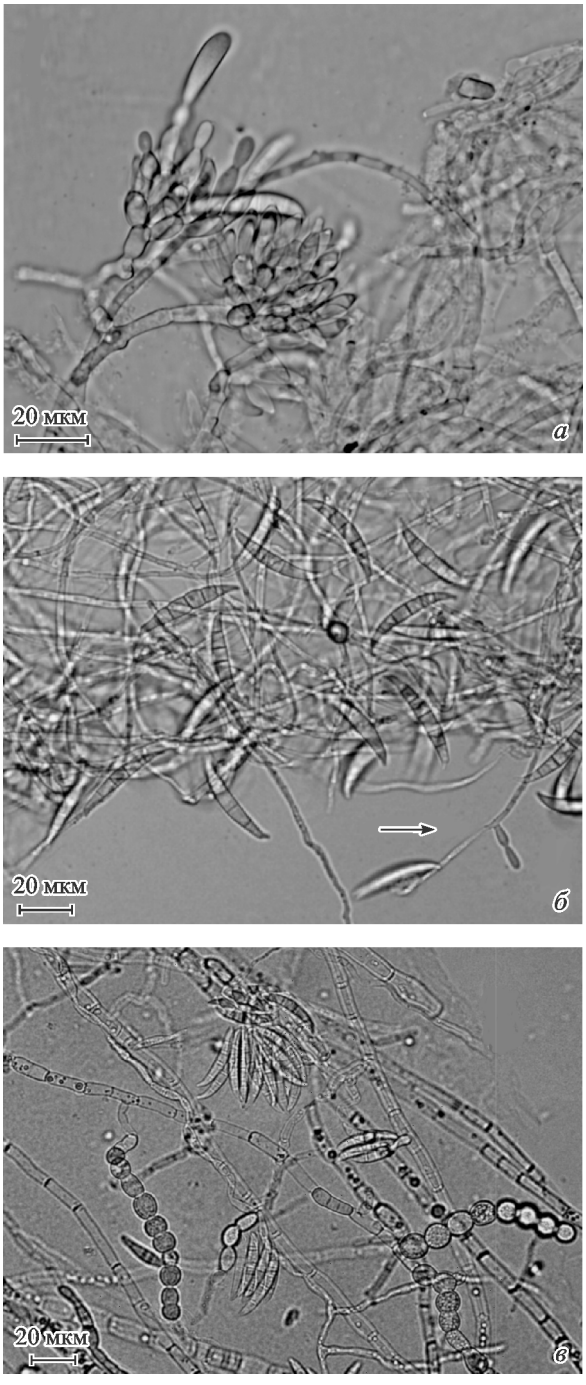

Рис. 2. Разветвленные (*а*) и неразветвленные (*б*) конидиеносцы, несущие монофиалидные конидиогенные клетки, и хламидоспоры (*в*) *F. cerealis*.

к проросткам пшеницы была ниже, чем у *F. graminearum* и *F. culmorum* (табл. 1). Штаммы *F. graminearum* и *F. culmorum* вызывали более существенное снижение длины ростков, которая составляла 12.9 и 19.1 % от контроля по сравнению со штаммами *F. cerealis* (25.9 %).

Ранее было показано, что все штаммы *F. graminearum* из различных регионов России относятся к ДОН-хемотипу (Гагкаева, Ули-Маттила, 2007). Проведенное совместно с зарубежными коллегами генотипирование однонуклеотидных замен (SNP) аллельспецифическими праймерами более чем 250 штаммов российского происхождения, продуцирующих трихотеценовые микотоксины группы B, позволило охарактеризовать их хемотипический состав (Yli-Mattila et al., 2007, 2008). Результаты анализа показали, что на территории России гриб *F. graminearum* представлен ДОН-хемотипом с продуцированием 3- и 15-ацетатов ДОН, *F. culmorum* относится к ДОН-хемотипу с продуцированием 3-ацетата ДОН, а *F. cerealis* — к НИВ-хемотипу.

По данным сотрудников ВНИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Кононенко и др., 2004), в составе популяции *F. graminearum*, вызвавшей фузариоз пшеницы в Краснодарском крае в 1985—1986 гг., на долю продуцентов ДОН-хемотипа приходилось 91.2 % изолятов гриба, на долю НИВ-хемотипа — 8.8 %. В настоящее время можно предположить, что изоляты НИВ-хемотипа могли относиться к виду *F. cerealis*, однако это предположение требует экспериментального подтверждения.

В дальнейшем следует провести уточнение ареала гриба *F. cerealis* на территории России и выявление круга растений-хозяев. Точная диагностика заболевания любого растения не может быть проведена без корректной идентификации возбудителя с учетом его биологических особенностей.

Приводим описание грибов *F. cerealis*, *F. culmorum* и *F. graminearum*, характеристику культур на КСА и микроморфологические параметры на ГЛА.

***F. cerealis* (Cooke) Sacc. (1886).** Колонии быстрорастущие; воздушный мицелий хлопьевидный, рыхло- или плотнопушистый, бархатистый, интенсивной темно-красной, красно-бурой, желтовато-охряной окраски. Реверс интенсивно окрашен, красно-коричневый, красно-бурый, с возрастом появляются охряные оттенки.

Конидиеносцы вначале образуются латерально на гифах воздушного мицелия, в дальнейшем обильно ветвятся. Конидиогенные клетки — монофиалиды. Спородохии образуются быстро, формируя в центре культуры кирпично-красную или красно-коричневую массу конидий. Макроконидии веретеновидно-серповидные, эллиптически изогнутые, толстостенные, с более изогнутой дорсивентральной, чем вентральной, стороной, с наибольшим диаметром посередине, большей частью с пятью перегородками (3—6). Апикальная клетка постепенно сужающаяся, конусообразная, слегка искривленная, базальная клетка с отчетливо выраженной ножкой. Размер макроконидий с пятью перегородками в среднем 41.3 × 5.9 мкм (31.6—58.1 × 4.8—7.2 мкм). Микроконидии отсутствуют. Хламидоспоры интеркалярные, формируются обычно в гифах, цепочках или кластерах довольно быстро, окрашенные (рис. 2, *в*). Также хламидоспоры могут образовываться в макроконидиях.

***F. culmorum* (W. G. Smith) Sacc. (1895).** Колонии быстрорастущие; воздушный мицелий хлопьевидный, рыхло- или плотнопушистый, бархатистый, интенсивной темно-красной, красно-бурой с желтовато-охряной окраской. Реверс интенсивно окрашен, красно-коричневый, красно-бурый, с возрастом появляются охряные оттенки.

Конидиеносцы вначале образуются латерально на гифах воздушного мицелия, в дальнейшем обильно ветвятся. Конидиогенные клетки — монофиалиды. Спородохии образуются быстро, формируя в центре культуры кирпично-красную или красно-коричневую массу конидий. Макроконидии веретеновидно-серповидные, толстостенные, с более изогнутой дорсивентральной, чем вентральной, стороной, наибольшего диаметра посередине, в основном с 3—5 перегородками. Апикальная клетка резко суживающаяся, короткая, незаостренная. Базальная клетка имеет ножку или сосочек. Размер макроконидий с пятью перегородками в среднем 36.7 × 6.5 мкм (30.2—44.9 × 5.1—7.5 мкм). Микроконидии отсутствуют. Хламидоспоры интерка-

лярные, формируются быстро в гифах, в макроконидиях, одиночные, в цепочках или кластерах, окрашенные.

***F. graminearum* Schwabe (1839).** Колонии быстрорастущие. Воздушный мицелий хорошо развит, пушистый, хлопьевидный, бело-розовый, розовый, с возрастом в центре появляются желтые оттенки. Реверс розовый, малиново-красный, винно-красный, часто с радиальными лучами.

Конидиеносцы вначале образуются латерально на гифах воздушного мицелия, в дальнейшем обильно ветвятся. Конидиогенные клетки — монофиалиды. Спородохии образуются с возрастом, кирпично-красные, оранжевые. Макроконидии веретеновидно-серповидные, эллиптически изогнутые, большей частью одинакового диаметра на протяжении всей длины, в основном с пятью перегородками (3—6). Апикальная клетка постепенно сужающаяся, конусообразная, слегка искривленная, базальная клетка с отчетливо выраженной ножкой. Размер макроконидий с пятью перегородками в среднем 47.2 × 5.7 мкм (39.4—57.5 × 4.6—6.7). Микроконидии отсутствуют. Хламидоспоры интеркалярные, формируются в гифах, макроконидиях, одиночные, в цепочках или кластерах, окрашенные, часто отсутствуют.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гагкаева Т. Ю., Ули-Маттила Т. Молекулярная идентификация хемотипов Fusarium graminearum // Вест. защиты растений. 2007. С. 60—67.

Каталог культур грибов, изолированных из сорных растений / Под ред. М. М. Левитина. СПб.: ВИЗР, 2007. 74 с.

Кононенко Г. П., Буркин А. А., Соболева Н. А. Потенциал токсинообразования основных возбудителей фузариоза колоса // Успехи медицинской микологии. М.: Национальная академия микологии, 2004. Т. 3. С. 266—269.

Adler A., Lew H., Brodacz W., Edinger W., Oberforster M. Occurrence of moniliformin, deoxynivalenol, and zearalenone in durum wheat (Triticum durum Desf.) // Mycotoxin Res. 1995. Vol. 11. P. 9—15.

Akinsanmi O. A., Mitter V., Simpfendorfer S., Backhouse D., Chakraborty S. Identity and pathogenicity of Fusarium spp. isolated from wheat fields in Queensland and northern New South Wales // Austral. J. Agr. Res. 2004. Vol. 55. P. 97—107.

Aoki T., O'Donnell K. Morphological and molecular characterization of Fusarium pseudograminearum sp. nov., formerly recognized as the Group 1 population of F. graminearum // Mycology. 1999. Vol. 91. P. 597—609.

Bacon C. W., Porter J. K., Norred W. P., Leslie J. E. Production of fusaric acid by Fusarium species // Appl. Environm. Microbiol. 1996. Vol. 62. P. 4039—4043.

Boshoff W. H. P., Pretorius Z. A., Swart W. J. A comparison of infection and blight development caused by Fusarium graminearum and Fusarium crookwellense in wheat // S. Afr. J. Plant and Soil. 1999. Vol. 16(2). P. 79—84.

Bottalico A., Perrone G. Toxigenic Fusarium species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe // Europ. J. Plant Pathol. 2002. Vol. 108. P. 611—624.

Burgess L. W., Nelson P. E., Toussoun T. A. Characterization, geographic distribution and ecology of Fusarium crookwellense sp. nov. // Trans. Brit. Mycol. Soc. 1982. Vol. 79(3). P. 497—505.

Chandler E. A., Simpson D. R., Thomsett M. A., Nicholson P. Development of PCR assays to Tri7 and Tri13 trichothecene biosynthetic genes, and characterization of chemotypes of Fusarium graminearum, Fusarium culmorum and Fusarium cerealis // Physiol. Molec. Plant Pathol. 2003. Vol. 62. P. 355—367.

Chelkowski J., Manka M. The ability of Fusaria pathogenic to wheat, barley and corn to produce zearalenone // Phytopathol. Z. 1983. Vol. 106. P. 354—359.

De Nijs M., Stentor P., Delfgou-Van Asch E., Kamphuis H., Rombouts F. M., Notermans S. H. W. Fungal infection and presence of DON and zearalenone in cereals grown in the Netherlands // J. Food Protection. 1996. Vol. 59. P. 772—777.

Fisher N. L., Burgess L. W., Nelson P. E., Toussoun T. A. Carnation leaves as a substrate for preserving cultures of Fusarium species // Phytopathology. 1982. Vol. 72. P.151—153.

Gerlach W., Nirenberg H. I. The genus Fusarium — a pictorial atlas // Mitt. Biol. Bundesanst Land-Forstw. Berlin; Dahlem, 1982. Vol. 209. 406 p.

Golinski P., Vesonder R. F., Latus-Zietkiewicz D., Perkowski J. Formation of fusarenon X, nivalenol, zearalenone, α-trans-zearalenol, β-trans-zearalenol, and fusarin C by Fusarium crookwellense // Appl. Environm. Microbiol. 1988. Vol. 54. P. 2147—2148.

Hartill W. F. T. Post-harvest diseases of avocado fruits in New Zealand // New Zealand J. Crop and Horticultural Sci. 1991. Vol. 19. P. 297—304.

Ichinoe M., Kurata H., Sgiura Y., Ueno Y. Chemotaxonomy of Gibberella zeae with special reference to production of trichothecenes and zearalenone // Appl. Environm. Microbiol. 1983. Vol. 46. P. 1364—1369.

Kerényi Z., Moretti A., Waalwijk C., Oláh B., Hornok L. Mating type sequences in asexually reproducing Fusarium species // Appl. Environm. Microbiol. 2004. Vol. 70(8). P. 4419—4423.

Kiecana I., Kocylak E. Pathogenicity of Fusarium spp. on oats seedlings (Avena sativa L.) // Plant Breed. and Seed Sci. 1999. Vol. 43(1). P. 91—99.

Kriel W. M., Pretorius Z. A. Fusarium head blight: a summary of the South African situation // Proc. of National Fusarium Head Blight (NFHB) Forum 11—13 December 2005. USA. 2005. P. 243—245.

Kristensen R., Gauthier G., Berdal K. G., Hamels S., Remacle J., Holst-Jensen A. DNA microarray to detect and identify trichothecene- and moniliformin-producing Fusarium species // J. Appl. Microbiol. 2007. Vol. 102. P. 1060—1070.

Kwaona H., Chelkowski J. Occurrence of Fusarium crookwellense in Poland // Acta Mycologica. 1988. Vol. 24. P. 173—177.

Láday M., Szécsi Á. Distinct electrophoretic isozyme profiles of Fusarium graminearum and closely related species // Systematic Appl. Microbiol. 2001. Vol. 24(1). P. 67—75.

Lauren D. R., Di Minna M. E. Fusaria and Fusarium mycotoxins in leaves and ears of maize plants. 2. A time course study made in the Waikato region, New Zealand, in 1997 // New Zealand J. Crop and Horticultural Sci. 1999. Vol. 27. P. 215—223.

Leslie J. F., Summerell B. A. The Fusarium laboratory manual. Blackwell Publishing, 2006. 388 p.

Liddell C. M. The comparative pathogenicity of Fusarium graminearum Group 1, Fusarium culmorum and Fusarium crookwellense as crown, foot and root rot pathogens of wheat // Austral. Plant Pathol. 1985. Vol. 14. P. 29—31.

Llorens A., Hinojo M. J., Mateo R., González-Jaén M. T., Valle-Algarra F. M., Logrieco A., Jiménez M. Characterization of Fusarium spp. isolates by PCR-RFLP analysis of the intergenic spacer region of the rRNA gene (rDNA) // Intern. J. Food Microbiol. 2006. Vol. 106(3). P. 297—306.

Logrieco A., Bottalico A., Mule G., Moretti A., Perrone G. Epidemiology of toxigenic fungi and their associated mycotoxins for some Mediterranean crops // Europ. J. Plant Pathol. 2003. Vol. 109. P. 645—667.

Marasas W. F. O., Nelson P. E., Toussoun T. A. Toxigenic Fusarium species: Identity and Mycotoxicology. 1984. 328 p.

Mielniczuk E., Kicana I., Perkowski J. Susceptibility of oat genotypes to Fusarium crookwellense Burgess, Nelson and Toussoun infection and mycotoxin accumulation in kernels // Biologia. 2004. Vol. 59(6). P. 809—816.

Nelson P. E., Toussoun T. A., Marasas W. F. O. Fusarium species, an illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press, University Park, Pennsylvania, 1983. 193 p.

Nirenberg H. I. Recent advances in the taxonomy of Fusarium // Studies in Mycology. 1990. Vol. 32. P. 91—101.

Pethybridge S. J., Hay F. S., Wilson C. R., Sheriff L. J., Leggett G. W. First report of Fusarium crookwellense causing tip blight on cones of hop // Plant Dis. 2001. Vol. 85. P. 1208.

Pronczuk M., Pronczuk S., Messyasz M. Pathogenicity of Fusarium spp. Contributing to the stalk rot of maize in Poland // Mycotoxin Res. 1991. Vol. 7. P. 97—101.

Schilling A., Moller E. M., Geiger H. H. Polymerase chain reaction based assays for species-specific detection of F. culmorum, F. graminearum and F. avenaceum // Phytopathology. 1996. Vol. 86. P. 515—522.

Seifert K. A., Gräfenhan T., Redhead S. A. Typification of Fusarium cerealis and Fusarium crookwellense // J. Plant Pathol. 2008. Vol. 90. P. 22.

Šrobárová A., Šliková S., Šudyova V. Diversity of the Fusarium species associated with head and seedling blight on wheat in Slovakia // Biologia. 2008. Vol. 63 (3). P. 332—337.

Sugiura Y., Fukasaku K., Tanaka T., Matsui Y., Ueno Y. Fusarium poae and Fusarium crookwellense, fungi responsible for the natural occurrence of nivalenol in Hokkaido // Appl. Environm. Microbiol. 1993. Vol. 59(10). P. 3334—3338.

Sugiura Y., Saito H., Tanaka T., Tanaka T., Ichinoe M., Ueno Y. Fusarium crookwellense, a newly isolated fungus from wheat in Japan: Its mycotoxin production and pathogenicity to wheat and barley // Mycoscience. 1994. Vol. 35(1). P. 77—82.

Tan M. K., Simpfendorfer S., Backhouse D., Murray G. M. Occurrence of Fusarium head blight (FHB) in southern NSW in 2000: identification of causal fungi and determination of putative chemotype of Fusarium graminearum isolates by PCR // Austral. Plant Pathol. 2004. Vol. 33(3). P. 385—392.

Tan M.-K., Niessen L. M. Analysis of rDNA ITS sequences to determine genetic relationships among, and provide a basis for simplified diagnosis of Fusarium species causing crown rot and head blight of cereals // Mycol. Res. 2003. Vol. 107. P. 811—821.

Thrane U. Screening for fusarin C production by European isolates of Fusarium species // Mycotoxin Res. 1988. Vol. 4. P. 2—10.

Vesonder R. F., Goliński P., Plattner R., Zietkiewicz D. L. Mycotoxin formation by different geographic isolates of Fusarium crookwellense // Mycopathology. 1991. Vol. 113(1). P. 11—14.

Wakuliñski W. Phytotoxicity of Fusarium metabolites in relation to pathogenicity // Mycotoxins, taxonomy and pathogenicity / Ed. J. Chelkowski. 1989. P. 257—269.

Wang B., Brubaker C. L., Burdon J. J. Fusarium species and Fusarium wilt pathogens associated with native Gossypium populations in Australia // Mycol. Res. 2004. Vol. 108. P. 35—44.

Wollenweber H. W., Reinking O. A. Die Fusarium, ihre Beschreiburg, Schadwirkung und Bekampfung. Berlin: Paul Parey, 1935. 355 p.

Yli-Mattila T., O'Donnell K., Ward T., Gagkaeva T. Trichothecene chemotype composition of Fusarium graminearum and related species in Finland and Russia // J. Plant Pathol. 2008. Vol. 90. P. 60.

ВНИИ защиты растений
Санкт-Петербург
gagkaeva02@yahoo.com

Поступила 27 X 2008

РЕЗЮМЕ

В статье дано описание гриба *F. cerealis*, ранее не идентифицированного на территории России. Гриб *F. cerealis* был выделен ранее из зерна и корней пшеницы и ячменя, а также листьев бодяка, собранных на территории Дальневосточного, Северо-Кавказского и Центрального регионов. Штаммы *F. cerealis* могут быть ошибочно идентифицированы как *F. culmorum* или *F. graminearum*, поскольку морфологические характеристики этих грибов имеют значительное сходство.

Целью исследований являлась характеристика штамма *F. cerealis* в сравнении со штаммами *F. graminearum* и *F. culmorum* по морфологическим данным и патогенности к проросткам

пшеницы сорта Московская 39. Показаны различия формы и средней длины макроконидий *F. cerealis*, *F. graminearum* и *F. culmorum* при культивировании на гвоздично-листовом агаре. Штаммы всех исследованных грибов патогенны к проросткам пшеницы, однако агрессивность *F. cerealis* была ниже по сравнению с *F. graminearum* и *F. culmorum.* В дальнейшем следует провести уточнение ареала гриба *F. cerealis* на территории России и круга растений-хозяев.

Ключевые слова: грибы, патоген, *F. cerealis*, морфология, распространение.

SUMMARY

The first report of *F. cerealis* on the territory of Russia is given. *F. cerealis* was isolated from grain of small cereals and tissue of Cirsium sp. collected in the Far East, the Central and North Caucasian areas. The morphological characters of *F. cerealis* are similar to *F. graminearum* and *F. culmorum*, therefore, it is possible that this fungus may be misidentified as *F. graminearum* and *F. culmorum*.

The objective of this study was to characterize *F. cerealis* isolates based on morphological characteristics and pathogenicity toward wheat seedlings (cv. Moscowskaya 39). For this purpose we examined *F. graminearum*, *F. culmorum* and *F. cerealis* strains isolated from different plant-hosts grown in various geographical origins.

On CLA medium *F. cerealis* can be distinguished from *F. graminearum* and *F. culmorum* by shape and size of macroconidia. All strains have produced the symptoms of infection on wheat seedlings but *F. cerealis* was significantly less pathogenic than *F. graminearum* and *F. culmorum.* A large-scale monitoring of this fungus in Russia is in progress.

Key words: fungi, pathogen, *F. cerealis*, morphology, distribution.