

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**IDENTIFICAÇÃO DE PATÓTIPOS DE *Magnaporthe grisea*
COLETADOS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DE
MULTILINHAS E VARIEDADES COMPOSTAS DE
ARROZ IRRIGADO NO ESTADO DO TOCANTINS**

LIAMAR MARIA DOS ANJOS

**GURUPI-TO
2008**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Trabalho realizado junto ao Mestrado em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins, sob orientação do Professor Dr. Gil Rodrigues dos Santos, com apoio financeiro da Embrapa Arroz e Feijão.

Banca examinadora:

Gil Rodrigues dos Santos
Dr. em Fitopatologia
Universidade Federal do Tocantins
(Orientador)

Flávio Breseghello
Ph.D. Genética e Melhoramento de Plantas
Embrapa Arroz e Feijão
(Avaliador)

Marta Cristina Corsi de Filippi
Ph.D em Fitopatologia
Embrapa Arroz e Feijão
(Avaliadora)

Rodrigo Ribeiro Fidelis
Dr. em Fitotecnia (Produção Vegetal)
Universidade Federal do Tocantins
(Avaliador)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**IDENTIFICAÇÃO DE PATÓTIPOS DE *Magnaporthe grisea*
COLETADOS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DE
MULTILINHAS E VARIEDADES COMPOSTAS DE
ARROZ IRRIGADO NO ESTADO DO TOCANTINS**

LIAMAR MARIA DOS ANJOS
Dissertação apresentada ao Programa
de Mestrado em Produção Vegetal da
Universidade Federal do Tocantins em
14 de Outubro de 2008, como parte
das exigências para a obtenção do
título de Mestre - Área de
Concentração em Fitopatologia.

DEDICO

À Deus,

Aos meus pais Maria das Dores e Antonio,

Às minhas filhas, Sinara, Cecília e Cinthia.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por dar-me a dádiva de vencer mais essa batalha;

À Universidade Federal do Tocantins, pelo crescimento acadêmico, profissional e oportunidade de realização do mestrado;

Ao professor e orientador Dr. Gil Rodrigues dos Santos pela orientação, disponibilidade, dedicação e ensinamentos transmitidos ao longo do curso;

Aos membros da banca examinadora, Dr. Flávio Breseghello, Dra. Marta Cristina Corsi de Filippi e Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis por contribuírem para o aperfeiçoamento deste trabalho;

À EMBRAPA Arroz e Feijão e EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, pela concessão da bolsa de estudos, pelo suporte estrutural, financeiro e pessoal utilizados para o êxito dos trabalhos. Em especial aos pesquisadores Dr. Paulo Hideo Nakano Rangel e Dr. Márcio Elias Ferreira, por todo apoio, amizade, sugestões e entusiasmo;

Ao professor Dr. Wilson Ferreira de Oliveira, pela orientação inicial e amizade;

Aos professores Tarcisio, Susana, Leonardo, Joênes, Valéria, Clovis e Raimundo, pelos ensinamentos e amizade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela amizade e pelos conhecimentos transmitidos durante o curso;

Ao meu amigo Justino J. Dias Neto, pela amizade, excelente convivência e parceria nas pesquisas no Laboratório de Fitopatologia.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela amizade e troca de conhecimentos: Júlia, Vilma, Diogo, Thiago, Clauber, Marlos e Ricardo;

Aos funcionários da Embrapa de Formoso do Araguaia-TO: Cleiciomar e Wagner, sempre prontos para ajudar e a resolver as dificuldades surgidas;

As estagiárias Eutânia e Azelma pela amizade, disponibilidade e inestimável ajuda na condução dos experimentos;

Ao Colega Manoel Delintro, pelo auxílio durante as coletas em campo;

À colega Maíra pela valiosa ajuda que contribuiu para a melhoria deste trabalho;

À todos que direta ou indiretamente fizeram parte dessa conquista.

ÍNDICE

	Página
RESUMO DA DISSERTAÇÃO.....	11
ABSTRACT.....	14
INTRODUÇÃO GERAL.....	17
REVISÃO DE LITERATURA	23
Perdas em condições de campo.....	23
Vulnerabilidade genética das cultivares modernas de arroz.....	23
Taxonomia e morfologia.....	24
Conidiogênese	25
Ciclo de vida do patógeno	27
Sintomatologia.....	27
Reprodução do fungo.....	29
Características Culturais.....	31
Patótipos	31
Base genética da resistência.....	32
Padronização no método de identificação de patótipos	34
Diferenciadoras internacionais de raças.....	34
Resistência Genética.....	35
Resistência vertical.....	37
Resistência horizontal.....	38
LITERATURA CITADA.....	39
CAPÍTULO I – IDENTIFICAÇÃO DE RAÇAS FISIOLÓGICAS DE <i>Magnaporthe grisea</i> EM MULTILINHAS E VARIEDADES COMPOSTAS DE ARROZ IRRIGADO NO ESTADO DO TOCANTINS.....	45
RESUMO.....	46
ABSTRACT.....	47
INTRODUÇÃO.....	48
MATERIAL E MÉTODOS.....	51
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
LITERATURA CITADA.....	60
CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICA, FITOPATOLÓGICAS E DE QUALIDADE DE GRÃOS NA SELEÇÃO DE LINHAGENS VISANDO A OBTENÇÃO DE MULTILINHAS E VARIEDADES COMPOSTAS DE ARROZ IRRIGADO PARA A REGIÃO CENTRAL DO BRASIL	63
RESUMO.....	64
ABSTRACT.....	65
INTRODUÇÃO.....	66
Qualidade de grãos	70
MATERIAL E MÉTODOS.....	72

Ensaio I: Avaliação das características agronômicas e fitopatológicas no campo	72
Ensaio II: Avaliação de virulência de raças de <i>M. grisea</i> em condições de laboratório	74
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	76
Avaliação das características agronômicas e fitopatológicas a campo	76
Ano agrícola 2006/07	76
Ano agrícola 2007/08	80
Ensaio em casa de vegetação	83
Análise conjunta dos ensaios de campo envolvendo os resultados obtidos em laboratório	86
Combinação de linhagens para constituição de multilinhas	88
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
LITERATURA CITADA.....	91

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1. Conídios de <i>P. grisea</i> em câmara de Neubauer	25
Figura 2. Brusone na folha causada pelo fungo <i>M. grisea</i>	28
Figura 3. Brusone na panícula causada pelo fungo <i>M. grisea</i>	29
Figura 4. Características culturais de <i>M. grisea</i> em meio de cultura BDA, apresentando diferenças de coloração	31

LISTA DE TABELAS

	Página
INTRODUÇÃO	
Tabela 1. Relação de genes de resistência identificados nas cultivares japonesas introduzidas	34
Tabela 2. Diferenciadoras internacionais de raças fisiológicas de <i>M. grisea</i> ...	35
CAPÍTULO I	
Tabela 1: Relação de multilinhas e variedades compostas de arroz irrigado avaliadas nos três ensaios no ano agrícola de 2007/2008	52
Tabela 2. Patótipos de <i>M. grisea</i> identificados de ensaios multilinhas e variedades compostas instaladas em Lagoa da Confusão (LC), Projeto Formoso (PF) e Estação experimental Unitins-Agro (UA), no ano agrícola de 2007/2008	56
Tabela 3. Grupos mostrando as raças de <i>M. grisea</i> identificadas nos três ensaios de multilinhas e variedades compostas de arroz no Estado do Tocantins, na safra 2007/2008	57
CAPÍTULO II	
Tabela 1. Linhagens de arroz avaliadas para resistência à brusone em ensaios conduzidos nos Estados de Goiás e Tocantins, safras 2006/2007 e 2007/2008.....	73
Tabela 2. Dados de produtividade média de grãos e por local das linhagens resistentes a brusone avaliadas no Ensaio de Valor de Cultivo e Uso em Goiás (Goianira e Flores de Goiás) e Tocantins no (Projeto Formoso, Lagoa da Confusão e UNITINS), em 2006/07.....	77
Tabela 3. Produtividade média, dados agronômicos e características de grãos das linhagens avaliadas na Região Tropical do Brasil em 2006/07.....	79
Tabela 4. Dados de produtividade média de grãos e por local das linhagens resistentes a brusone avaliadas no Ensaio de Valor de Cultivo e Uso em Goiás (Goianira) e Tocantins no (Projeto Formoso, UNITINS e Lagoa da Confusão), em 2007/08	81
Tabela 5. Produtividade média, dados agronômicos e características de grãos das linhagens avaliadas na Região Tropical do Brasil em 2007/08	82

Tabela 6. Análise da resistência à *M. grisea* utilizando escala de notas de 0 a 9 (LEUNG et al., 1988); dados de produtividade média dos dois anos agrícola (PRODM); floração média nos dois anos agrícola (FLOM) e cocção em 2007/08

84

Tabela 7. Combinação de multilinhas de arroz irrigado a partir de mistura de duas ou três linhagens e suas respectivas características de resistência às raças prevalentes de *M. grisea*, produtividade média (PRODM), cocção (C) e floração média dos dois anos agrícola (FLOM)

89

ANEXOS

Anexo 1. Chave para identificação de raças fisiológicas de *M. grisea* em arroz, conforme metodologia de Ling & Ou, (1969).....

95

RESUMO DA DISSERTAÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) está entre as culturas mais plantadas e consumidas, sendo considerada a base da alimentação da maior parte da população mundial. É considerada a terceira maior cultura do mundo, perdendo apenas para o milho e o trigo. A Ásia ocupa a primeira posição em consumo e produção mundial, enquanto que a América do Sul é a segunda em produção e a terceira em consumo.

O Estado do Tocantins tem potencial para se tornar um dos maiores fornecedores de arroz do país, pois apresenta água em abundância, solos sistematizados e adequados à produção de arroz irrigado. Aliado aos fatores ambientais e climáticos o Estado apresenta localização geográfica estratégica em relação às grandes capitais do Norte e Nordeste, juntamente com uma boa malha viária para escoamento da produção. Constitui-se atualmente em uma das regiões mais promissoras para a expansão da rizicultura brasileira, podendo tornar-se o principal fornecedor de arroz para os centros consumidores das regiões Norte e Nordeste. Existe, atualmente, cerca de 60 mil hectares de terras sistematizadas para o cultivo de arroz irrigado, localizados nos municípios de Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão, Cristalândia e Pium.

Um dos maiores obstáculos da produção é a doença conhecida como brusone, causada pelo fungo *Pyricularia grisea* (Cooke) Saccardo [= *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr] é considerada a doença fúngica mais destrutiva do arroz irrigado, no Estado do Tocantins e em todo o mundo. Esse patógeno afeta tanto plantas de sequeiro como irrigadas, causando grandes perdas na produção de grãos. A principal medida de controle, atualmente, é o uso de cultivares com resistência vertical e a obtenção de cultivares resistentes por muito tempo é dificultada devido ao patógeno ser altamente variável e existirem numerosas raças fisiológicas. Devido à alta variabilidade de *M. grisea* e as condições ambientais favoráveis à doença (alta temperatura e umidade relativa em torno de 93%), cultivares resistentes deixam de ser efetivas em menos de três anos, causando grandes perdas na produção. Assim, este trabalho teve como objetivo a identificação de raças e análise de virulência de *M. grisea* para composição de multilinhas e variedades compostas de arroz irrigado no Estado do Tocantins. O presente trabalho foi organizado em dois capítulos:

No capítulo I, estudou-se a ocorrência e distribuição de raças de *M. grisea* em ensaios de multilinhas e variedades compostas de arroz irrigado. O trabalho foi desenvolvido em dois municípios representativos do Estado do Tocantins, em Formoso do Araguaia e na Lagoa da Confusão, objetivando determinar as raças fisiológicas. Foram obtidos 250 isolados monospóricos e posteriormente inoculados na Série Internacional de Diferenciadoras (SID). Em seguida, foi utilizada uma escala visual de notas de 0 a 9, identificando-se um total de 45 raças. Entre as encontradas a IA-1 ocorreu em 24,8% dos isolados, seguida pela IA-65 em 11,2% e IA-33 em 6,4%. Maior número de raças foi encontrado na Lagoa da Confusão, seguido do Projeto Formoso e Unitins-Agro, em Formoso do Araguaia. Na população do fungo amostrada, encontrou-se uma grande variabilidade, com prevalência das raças dos grupos IA, IB e ID.

No capítulo II, descreveu-se a avaliação de ensaios de campo e laboratório, objetivando avaliar características agronômicas e fitopatológicas na seleção de linhagens e cultivares visando a obtenção de multilinhas e variedades compostas para a Região Central do Brasil. O estudo foi realizado em duas etapas, sendo constituído de ensaios de campo para avaliação das características agronômicas e fitopatológicas e ensaios em laboratório para avaliar a virulência das 10 raças mais prevalentes anteriormente identificadas, obtidos de folhas e panículas de plantas coletadas nos municípios representativos dos Estados do Tocantins, Goiás e Pará para posterior confecção de multilinhas e variedades compostas.

Os ensaios de campo foram conduzidos em Goiás (Goianira e Flores de Goiás) e no Tocantins nos municípios de Formoso do Araguaia (Projeto Formoso e Unitins-Agro) e no município da Lagoa da Confusão (Fazenda São Francisco). Os ensaios foram constituídos por 29 tratamentos nas safras de 2006/07 e 2007/08, sendo 25 linhagens resistentes mais quatro testemunhas (Diamante, CNA 8502, BRS Formoso e Metica 1), no delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições. No ano agrícola 2006/07, as linhagens CNA 10901, CNA 10902 e CNA 10899 apresentaram as maiores produtividades médias, 6.915, 6.508 e 6.340 kg ha⁻¹. Quanto à incidência de brusone na folha, as linhagens oriundas da BRS Formoso e Diamante apresentaram elevada resistência, com nota = 1. No ano Agrícola 2007/2008, a linhagem CNA 10901 foi a mais produtiva, com 7.118 kg ha⁻¹. A maioria das linhagens obtidas da cultivar BRS Formoso e CNA 8502 apresentaram produtividades médias acima de 6.000 kg ha⁻¹. De maneira geral, na

média dos vários ambientes de avaliação, as linhagens oriundas da cultivar BRS Formoso foram as mais produtivas, com produtividades médias acima de 6.000 kg ha⁻¹. Merece destaque a CNA 10901, com 7.005 kg ha⁻¹, que apresentou a maior produtividade média nos dois anos de plantio, superando as testemunhas. As linhagens CNA 10901, CNA 10902 e CNA 10903, tiveram as maiores produtividades nos dois anos, 7.005, 6.404 e 6.483 kg ha⁻¹ e nos testes de virulência às raças prevalentes de *M. grisea*, apresentaram reação de suscetibilidade apenas para a raça IC-1. Das linhagens originadas da CNA 8502, a CNA 10927 e CNA 10910 foram as mais produtivas com 6.314 e 6.257 kg ha⁻¹, superando a média do genitor recorrente. Das cultivares oriundas da cultivar BRS Formoso merecem destaque a CNA 10898, CNA 10899 e CNA 10901, que apresentaram grãos com elevado rendimento de grãos inteiros e total e eles mostraram-se soltos após o cozimento, mesmo com 30 dias de colhidos.

No Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal do Tocantins, avaliou-se a severidade de raças de *M. grisea* em 35 genótipos de arroz irrigado, em casa de vegetação climatizada, onde os 10 patótipos mais prevalentes foram inoculados em genótipos (famílias RC3) desenvolvidos pela EMBRAPA, num programa de retrocruzamento com diferentes genes de resistência à brusone em linhagens elite de arroz. A virulência foi determinada utilizando-se uma escala visual de notas de 0 a 9. Apenas os genótipos Oryzica Llanos 4 e Oryzica 1 foram resistentes a todas as raças inoculadas. Por outro lado, a linhagem CNA 10927 foi suscetível à todas as raças de *M. grisea*. Baseado principalmente em dados de virulência do patógeno, produtividade, cocção e ciclo fenológico foi sugerido a composição de 17 multilinhas e variedades compostas, o qual no seu conjunto de caracteres, apresentam resistência a todos os 10 patótipos prevalentes, além de também apresentarem boa produtividade, cocção e ciclos fenológicos semelhantes.

RACES IDENTIFICATION OF *Magnaporthe grisea* COLLECTED DURING THE DEVELOPMENT OF MULTILINES AND MIXTURE VARIETIES IN IRRIGATED RICE AT THE STATE OF TOCANTINS

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa*) is among the most consumed and cropping culture. This crop is considered the base of the world population food. The rice is the third crop of the world in yielding, staying behind only of the maize and wheat. The first position in yield and consuming is occupied by Asia, whereas the South America is the second in production and the third in consume.

The state of Tocantins is among the greatest supplier of rice in Brazil. This is because this state presents abundant water, systematic and adequate soils to produced irrigated rice. Added environmental factors and climate the state of Tocantins presented strategically geographic location in relation to big urban centers of the Northeast and North, together with a good road mesh to drain production. The state of Tocantins constitute the most promising region to expand Brazilian rice crop, therefore, can be the main provider of rice to big market centers of the North and Northeast regions. Nowadays, there are about 60,000 hectares of systematic land to cultivate irrigated rice, located in the following municipalities: Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão, Cristalândia and Pium.

Among the main problems for rice production, it is the disease known by blast, which is caused by the fungus *Pyricularia grisea* (Cooke) Saccardo [= *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr]. This disease is considered the most destructive problem for irrigated rice at the state of Tocantins, as well as, at different parts of the world. This fungus affects flooded and non-flooded rice, resulting in great losses in the grain yield. Nowadays, the main control method is the use of cultivars presenting vertical resistance. However, to produce resistant cultivars with a broad resilience to a wide range of this disease is difficult because the fungus *M. grisea* have high genetic variability and high number of physiological races. Because the high genetic variability of this fungus (*P. grisea*) added to favorable environmental conditions to the disease in the tropics (high temperature and relative humidity about 93%), the resistant cultivars lost its affectivity in less than three years, causing a great yield losses. Thus, this work aimed to identify the races and analyze the virulence of

Magnaporthe grisea to multilines composition and varieties mixtures in irrigated rice at the state of Tocantins. For that, the present study was divided in two chapters:

In the chapter I, the occurrence and distribution of the *M. grisea* races were studied in multilines and varieties mixture experiments on irrigated rice. The work aimed to determine the physiological races of the following municipalities at the Tocantins state: Formoso do Araguaia and Lagoa da Confusão. It was obtained a total of 250 monosporic isolates. Subsequently, these isolates were inoculated in the International Standard Differential (ISD). The races were determined according to a grade scale ranging from 0 to 9 by using the reaction of these races in the ISD. A total of 45 races were identified, where the most prevalent race was IA-1 (24.8% of the isolates), followed by IA-65 (11.2%) and IA-33 (6.4%), respectively. The highest number of races was found in the experimental site located at Lagoa da Confusão, followed by Formoso do Araguaia (Projeto Formoso and Unitins-Agro). In the population of *M. grisea* under study, it was found a high variability with prevalence of the following group of races: IA, IB and ID.

In the chapter II, the evaluation in the field and at the laboratory experiments were described, because this work aimed to the selection of lines and cultivars to obtain multilines and varieties mixture at the region of Central of Brazil through of the evaluate of agronomic and phytopathology characters. The study was carried out in two periods: a field experiment was carried out to evaluate the agronomic and phytopathology characters and an experiment in the laboratory was performed to evaluate the virulence of ten most prevalent races previously identified. These races were obtained from the leaves and panicles of plants collected at municipalities in Tocantins, Goiás and Pará states, with the aimed of generating multilines and varieties mixture.

The field experiments were conducted at the state of Goiás (Goianira and Flores de Goiás) and the state of Tocantins (Formoso do Araguaia: Projeto Formoso and Unitins-Agro; Lagoa da Confusão: Fazenda São Francisco). The experiments were constituted of 29 treatments at 2006/07 and 2007/08 crop years. Both experiments were carried out in complete randomized block scheme with four replicates. The treatments consisted of 25 resistant lines and four controls (Diamante, CNA 8502, BRS Formoso and Metica 1). The results showed that, in the 2006/07 crop year, the lines CNA 10901, CNA 10902 and CNA 10899 presented the higher average productivity (6,915, 6,508 and 6,340 kg.ha⁻¹, respectively). Regarding

blast incidence in the leaves, the lines obtained from the cultivars BRS Formoso and Diamante presented high resistance with note = 1. In the 2007/2008 crop year, the line CNA 10901 presented the highest productivity with 7,118 kg.ha⁻¹. The majority of cultivars obtained from the cultivar BRS Formoso and the line CNA 8502 presented average productivity bigger than 6,000 kg.ha⁻¹. Considering the average of the studied sites, the lines obtained from cultivar BRS Formoso presented the highest productivity, with average yield greater than 6,000 kg ha⁻¹. The CNA 10901 distinguished with 7,005 kg.ha⁻¹ because the greater average productivity in the two years evaluated, also with productivity greater of the controls. The lines CNA 10901, CNA 10902 and CNA 10903 having a higher productivity in both years with following results: 7,005, 6,404 and 6,483 kg.ha⁻¹, respectively. These lines presented susceptibility only to a race IC-1 on the tests of virulence to prevalent races of *M. grisea*. The lines CNA 10927 and CNA 10910 presented the highest productivity when compared to the others lines that originated from CNA 8502, with 6,314 and 6,257 kg.ha⁻¹, respectively. These results were also higher than recurrent parent. Among the cultivars obtained from BRS Formoso, the cultivars CNA 10898, CNA 10899 and CNA 10901 presented proceeding raise of whole and total grains. These grains also remained separated after cooking, until 30 days after harvest.

The severity of *M. grisea* races was evaluated in 35 genotypes on irrigated rice at the laboratory of phytopathology located at the Universidade Federal do Tocantins. The experiment was conducted under greenhouse conditions where the most ten prevalent races were inoculated on genotypes (RC3 family) developed by “Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária” (EMBRAPA) an improvement program that consisted of backcross with different genes of blast resistance in the elite rice lines. The virulence was determined according to a grade scale ranging from 0 to 9. Only the genotypes Oryzica Llanos 4 and Oryzica 1 were resistant to all inoculated races. In contrast, the line CNA 10927 was susceptible to all races of *M. grisea*. The following measurements were used to suggest the composition of 17 multilines and varieties mixture: virulence of the pathogen, productivity, cooking and phenological cycle of tested lines. These recommended composition presented, in your characters grouping, resistance to all ten prevalent races, good productivity, good cooking and similar phenological cycles.

INTRODUÇÃO GERAL

O arroz (*Oryza sativa*) está entre as culturas mais plantadas e consumidas, sendo considerada a base da alimentação da maior parte da população mundial (VAUGHAN *et al.*, 2005). É considerada a terceira maior cultura do mundo, perdendo apenas para o milho e o trigo. A Ásia ocupa a primeira posição em consumo e produção mundial, enquanto que a América do Sul é a segunda em produção e a terceira em consumo (GOMES & MAGALHÃES, 2004). Cerca de 150 milhões de hectares de arroz são cultivados anualmente no mundo, produzindo 590 milhões de toneladas, das quais mais de 75% desta produção é oriunda do sistema de cultivo irrigado (EMBRAPA, 2005).

No Brasil, cultivam-se o arroz irrigado ou de várzea, predominante no Sul do país (RS), e o de terras altas, que depende das chuvas, predominante no Centro-Oeste e que apresenta ampla adaptabilidade às diferentes condições de solo e clima (BENSKOW, 2007). Segundo Santos *et al.* (2003a), as doenças mais importantes para o Estado do Tocantins são: brusone (*Pyricularia grisea*), queima das bainhas (*Rhizoctonia solani*) e mancha dos grãos (*Bipolaris* sp., *Phoma* sp., *Cercospora* sp., *Gerlachia* sp., *Alternaria* sp., *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora* sp. e *Pyricularia* sp.). A mancha-parda (*Bipolaris oryzae*) e a escaldadura das folhas (*Rhynchosporium oryzae*) são doenças de importância secundária na região e apenas em condições a estes muito favoráveis podem causar prejuízos (SANTOS *et al.*, 2002). Atualmente, as doenças estão sendo manejadas através do uso de cultivares resistentes e fungicidas. Entretanto, no Estado do Tocantins, a resistência geralmente é quebrada dois anos após o lançamento das cultivares. Os gastos com defensivos empregados no controle de doenças, pragas e plantas daninhas podem representar até 39% do custo total da produção (SANTOS *et al.*, 2003a). Para Nunes *et al.* (2007), dentre as doenças do arroz, a brusone é uma das mais importantes, pela sua ampla distribuição geográfica e danos causados.

Um dos maiores obstáculos da produção do arroz é a doença conhecida como brusone, causada pelo fungo *Pyricularia grisea* (Cooke) Saccardo [= *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr]. O patógeno pode permanecer na área e sobreviver na forma de micélio ou conídio em plantas hospedeiras secundárias e restos culturais, até que as condições ambientais sejam favoráveis ao seu desenvolvimento. Esse patógeno coloniza mais de 50 gramíneas e seu hospedeiro

mais importante, do ponto de vista econômico é o arroz (OU, 1985). O agente causal desta doença possui capacidade de infectar várias gramíneas como arroz "vermelho" e "preto", trigo, aveia, azevém, cevada, centeio, capim arroz (*Echinochloa spp.*), *Brachiaria mutica*, etc (EMBRAPA, 2005). A doença tem sido um desafio para os orizicultores, e constitui-se um dos fatores limitantes da produtividade, em todo o território brasileiro e no mundo (IGARASHI *et al.*, 1986).

A brusone é a doença fúngica mais destrutiva do arroz irrigado no Estado do Tocantins. Segundo Prabhu *et al.* (1995), esse fungo afeta tanto as plantas de terras altas como as irrigadas, causando grandes perdas na produção. Esse patógeno pode colonizar as folhas, sementes, ráquis, nó basal e panículas. A distribuição da doença é bastante ampla, sendo encontrada em praticamente todas as regiões de cultivo em escala comercial. As perdas são variáveis em função da variedade cultivada e dos fatores climáticos prevalentes nas áreas de cultivo (BEDENDO, 1997).

As perdas provocadas pela brusone nas folhas são decorrência indireta da redução da área foliar fotossintetizante, do crescimento e desenvolvimento da planta. Em arroz irrigado por inundação, o déficit de água até 30 a 40 dias após o plantio provoca epidemias de brusone na folha, principalmente no Estado do Tocantins (TEIXEIRA *et al.*, 1997). Segundo Prabhu & Bedendo (1990), a infecção do nó da base da panícula é mais conhecida como brusone das panículas ou do pescoço. As panículas atacadas logo após a emissão e até a fase leitosa não se formam, enquanto que aquelas infectadas mais tarde sofrem redução do peso dos grãos e da qualidade. As perdas na lavoura podem atingir até 100% quando as condições são favoráveis à ocorrência da doença (PRABHU *et al.*, 1995).

Segundo Ou (1980), a quebra frequente da resistência nas cultivares comerciais é atribuída à alta variabilidade patogênica do fungo *M. grisea*. Aliado a isto, há o perigo da vulnerabilidade genética, devido ao plantio de uma única cultivar em uma extensa área, sujeita a uma maior pressão de doenças e pragas. A resistência à doença constitui o principal componente no manejo da brusone, e as pesquisas continuam em andamento para desenvolver cultivares resistentes. Estratégias para incorporação de genes de resistência efetivos contra as diferentes populações do patógeno requerem estudos quanto à dinâmica dessas populações. Apesar dessa resistência vertical ser condicionada por um ou dois genes dominantes, a seleção de cultivares com resistência total por muito tempo vem

sendo dificultada devido a população do fungo (*M. grisea*) ser altamente variável e existirem numerosos patótipos do patógeno.

O fungo causador da brusone é composto de patótipos, ou raças fisiológicas, com características de virulência distintas. A maioria dos estudos conduzidos no Brasil e em outros países, concentraram-se na determinação e composição de raças, na sua frequência de ocorrência e na sua compatibilidade com genes de resistência conhecidos. A diversidade patogênica é geralmente alta em campos experimentais e nos locais de testes de seleção para melhoramento de cultivares (FILIPPI *et al.*, 1999).

A principal medida de controle, atualmente, é o uso de cultivares com resistência vertical (SANTOS *et al.*, 2002). Esse tipo de resistência é governada por um ou poucos genes que facilmente pode ser quebrada pelo patógeno (BERGAMIN FILHO *et al.*, 1995 p. 735). Devido à alta variabilidade da população do fungo (*M. grisea*) e as condições ambientais favoráveis à doença, cultivares com resistência vertical deixam de ser efetivas em menos de três anos, nas condições do Estado do Tocantins (SANTOS *et al.*, 2002; RANGEL *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2008).

Assim, o plantio de um maior número de cultivares resistentes, seria uma medida eficiente para reduzir os riscos de perdas ocorridas por essa doença.

A base genética da maioria das cultivares melhoradas é estreita, e os genes maiores com grandes efeitos fenotípicos foram largamente utilizados no melhoramento genético, visando à resistência à brusone. Os programas de melhoramento de arroz no Brasil desenvolveram várias cultivares resistentes à brusone ao longo dos anos, tanto para as condições de terras altas (sequeiro) como para várzeas, utilizando doadores com amplo espectro de resistência. A uniformidade genética e a monocultura trouxeram benefícios econômicos consideráveis para produtores de arroz, indústria de beneficiamento e consumidores. Por outro lado, o uso de poucas cultivares geneticamente homogêneas forneceu condições ideais para epidemias de brusone (RANGEL *et al.*, 2006).

Entre as cultivares de arroz irrigado lançadas para cultivo nos estados de Goiás e Tocantins nos últimos anos, as cultivares Metica 1 e Aliança tiveram a resistência à brusone quebrada com apenas um ano de cultivo comercial. A cultivar Javaé foi a primeira cultivar altamente resistente à brusone, lançada em 1993 para cultivo em sistema irrigado no Estado do Tocantins. Sua resistência foi quebrada

depois de dois anos de cultivo e apresentou alta suscetibilidade à brusone nas panículas, nas condições de campo. Em 1997, a cultivar Javaé foi substituída por BRS Formoso, uma outra cultivar resistente à brusone e também foi introduzida do CIAT e selecionada no Brasil. A resistência foi quebrada depois de dois anos de cultivo e os prejuízos causados com a brusone foram bastante significativos. A durabilidade das cultivares com genes verticais lançadas em seqüência é limitada, principalmente nas condições tropicais (PRABHU & FILIPPI, 2006).

Atualmente, o Estado do Tocantins é considerado o terceiro maior produtor nacional, perdendo apenas para Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SANTOS *et al.*, 2003b). O arroz irrigado ocupa neste Estado uma área de aproximadamente 60.000 ha, localizados nos municípios de Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão, Cristalândia, Dueré e Pium. Em 2005 foi colhida uma área de 58.010 hectares com uma produção de 257.808 toneladas e uma produtividade média de 4.444 kg/ha (SEAGRO-TO, 2008).

O arroz é um dos alimentos tradicionais da dieta da população tocantinense, sendo uma das principais fontes de energia alimentar. O cultivo de arroz no Estado do Tocantins é de grande importância socioeconômica, constituindo-se em uma das principais culturas que compõem o panorama agrícola do Estado. A disponibilidade de água, solos sistematizados, condições climáticas favoráveis e a extensão territorial conferem a este Estado grande potencial para produção agrícola, ressaltando-se o arroz irrigado por inundação (EMBRAPA, 2005).

De acordo com Browning & Frey (1981), multilinha é uma mistura de linhagens genotipicamente idêntica, mas que diferem uma da outra quanto ao gene de resistência a uma determinada raça do patógeno que elas possuem. No caso de doenças, a utilização de multilinhas faria com que no campo houvesse linhagens resistentes a diferentes raças de um patógeno, já que cada linhagem seria resistente a uma ou mais raças, e dessa forma, a colonização por parte desse patógeno não seria tão eficiente.

O uso comercial de multilinhas é baseado principalmente no seu potencial em reduzir o impacto da doença e estabilizar a produtividade (BROWNING & FREY, 1981). Muitos pesquisadores, com base em resultados obtidos em outros cereais, como cevada, trigo e aveia, consideram o desenvolvimento de multilinhas como uma estratégia alternativa para o controle da brusone.

Mistura de cultivares refere-se ao plantio na mesma área de duas ou mais cultivares comerciais compatíveis agronomicamente, sem a realização de nenhum esforço de melhoramento para torná-las fenotipicamente uniformes. A mistura de cultivares pode ser implementada tanto em pequenas áreas em nível de agricultura familiar como em grandes áreas na agricultura empresarial. Trabalho de pesquisa realizado na China por Zhu *et al.* (2000), envolvendo pesquisadores, agricultores e extensionistas, demonstrou que o uso de mistura de cultivares pode reduzir drasticamente a ocorrência de doenças em grandes áreas de cultivo.

Vários são os mecanismos que podem contribuir para a redução da intensidade de doenças na mistura de cultivares (ZHU *et al.*, 2000), incluindo:

- a) Efeito de diluição – a doença é reduzida na mistura de cultivares devido ao aumento da distância entre as plantas da cultivar suscetível na mistura. A presença da cultivar resistente diminui a probabilidade do inóculo produzido na cultivar suscetível atingir outras plantas suscetíveis, reduzindo a taxa de aumento da epidemia;
- b) Efeito de barreira – a cultivar resistente forma uma barreira física que restringe o movimento do inóculo para a cultivar suscetível. Quando a mistura é formada por cultivares suscetíveis a diferentes raças do patógeno, plantas da cultivar A servem de barreira para a raça que ataca a cultivar B, e vice versa;
- c) Resistência induzida – isto ocorre quando raças não virulentas para uma cultivar estimulam os mecanismos de defesa das plantas e, como consequência, a planta é protegida da infecção por uma raça virulenta;
- d) Competição entre raças do patógeno – espera-se que a diversidade de genótipos do patógeno seja mais alta na mistura de cultivares do que na monocultura, aumentando as chances de interação e competição entre raças do patógeno, limitando a dominância de certas raças virulentas e reduzindo a taxa de aumento da doença nas misturas.

Um importante pré-requisito para o uso de misturas devem ser observadas, tais como, resistência as raças do patógeno prevalentes na área à qual ela se destina, potencial de produtividade e outras características agronômicas (ciclo, altura, arquitetura de planta, qualidade industrial e culinária dos grãos). Embora a

redução da incidência de doenças na mistura proporcione aumento na produtividade de grãos, o ideal seria que os seus componentes apresentassem o mesmo potencial produtivo para que houvesse maximização da produtividade de grãos na lavoura (CASTILLA *et al.*, 2003).

A curta durabilidade da resistência à brusone das cultivares melhoradas de arroz irrigado lançadas nos últimos 10 anos, chamou a atenção para mudar a estratégia atual de lançamento seqüencial de cultivares. A resistência controlada por genes maiores tem grande valor, dependendo das estratégias de manejo de genes adotadas.

As estratégias de diversificação de cultivares com diferentes genes de resistência diminuirão os danos causados pela brusone, mesmo com a alta variabilidade do patógeno. Diante desses problemas, o presente trabalho teve como objetivo a identificação de Raças de *M. grisea* e avaliação de características agronômicas e fitopatológicas *em linhagens* com diferentes genes de resistência e utilizá-las na confecção de multilinhas e variedades compostas de arroz irrigado com resistência estável à brusone.

Com o uso de multilinha espera-se prolongar ou estabilizar a resistência a esse patógeno. Estudos mais amplos, utilizando maior número de linhagens isogênicas com genes diferenciados e isolados de locais diferentes, irá gerar um maior número de informações para auxiliar os programas de melhoramento genético do arroz irrigado, ajudando a selecionar genótipos superiores e mais resistentes.

REVISÃO DE LITERATURA

Perdas em condições de campo

As perdas provocadas pela brusone são decorrência indireta da redução da área foliar fotossintetizante, no crescimento e desenvolvimento da planta. Os motivos da alta ocorrência de brusone são a breve durabilidade da resistência das cultivares e a intensificação do cultivo de arroz inundado, especialmente em condições tropicais, como o Estado do Tocantins. As perdas na produtividade de grãos em decorrência desta doença em condições de campo, variaram de 15% a 38% e de 37% a 44% nas cultivares precoces e de ciclo médio, respectivamente. Para cada 1% no aumento na severidade da brusone, ocorre a redução média de 2,7% e 1,5% nas cultivares de ciclo precoce e médio, respectivamente (BERNI & PRABHU, 2003).

Com a disseminação de uso de cultivares resistentes plantadas em monocultivos em extensas áreas, a pressão de seleção sobre as populações dos microrganismos fitopatogênicos aumenta substancialmente. Após alguns anos de cultivo de uma mesma cultivar resistente, a elevada pressão de seleção sobre o patógeno pode causar a quebra da resistência por causa do aparecimento de uma nova raça fisiológica virulenta para a variedade em cultivo (SANTOS *et al.*, 2005).

As reduções no rendimento de grãos são causadas através de efeitos diretos e indiretos da brusone sobre a cultura. Como efeito direto pode-se citar que durante a fase vegetativa ocorre a redução da estatura da planta e número de perfilhos, na fase reprodutiva percebe-se a redução do número de grãos por panícula e o peso de grãos (PRABHU *et al.*, 1986). Outros autores como Prabhu *et al.* (1986) e Pinnschmidt *et al.* (1994), acrescentam que os efeitos diretos sobre as panículas também ocasionam redução da produtividade, peso de grãos, percentagem de grãos formados, número de grãos por panícula e índice de colheita. As indiretas são ocasionadas pela doença afetar a fotossíntese e a respiração (BASTIAANS *et al.*, 1994 e DARIO, *et al.*, 2005).

Vulnerabilidade genética das cultivares modernas de arroz

Nos últimos trinta anos, a adoção das cultivares modernas de arroz irrigado proporcionou um aumento anual na produção de 2,4% e elevou a produtividade em 71% (KHUSH & VIRK, 2002). O desenvolvimento de cultivares de arroz de porte

mais baixo, responsivos à fertilização e adequados à mecanização agrícola, eliminou o risco de falta de alimentos e a perspectiva de epidemias de fome nos países asiáticos na década de 1950. O melhoramento genético de arroz promoveu um cenário de aumento de produtividade e de produção de grãos em várias partes do mundo, caracterizando a chamada Revolução Verde nos anos que se seguiram. No entanto, este esforço contribuiu também para a perda de diversidade genética das cultivares modernas de arroz, reduzindo drasticamente a base genética dos programas de melhoramento. Esta diminuição da diversidade predispõe hoje a cultura do arroz a uma maior vulnerabilidade genética a ataques de patógenos e pragas, como o promovido pelo agente causal da brusone do arroz (RANGEL, 2006).

Taxonomia e morfologia

O gênero *Pyricularia* foi estabelecido por Saccardo em 1880, baseado em *Trichothecium griseum* Cooke em *Digitaria sanguinalis* L. *Pyricularia grisea* (Cooke). Saccardo constituiu uma espécie-tipo do gênero *Pyricularia*. Posteriormente, Cavara (1891), citado por Padwick (1950), na Itália, descreveu uma nova espécie denominada *Pyricularia oryzae* como agente causal da brusone em arroz. Na opinião da maioria dos autores, não existe uma base morfológica para justificar a separação taxonômica entre *P. oryzae* e *P. grisea* (ASUYAMA, 1965; YAEGASHI & HEBERT, 1976; PRABHU & FILIPPI, 2006), ambos possuem o mesmo teleomorfo denominado *Magnaporthe grisea*, além de apresentarem hospedeiros comuns, com a cevada e o trigo. Segundo as regras da nomenclatura, *P. grisea* é o nome correto para o patógeno da brusone em arroz, pois ela foi primeiramente assim denominada e constitui a espécie-tipo do gênero (PRABHU & FILIPPI, 2006).

O anamorfo *P. grisea*, pertence à classe dos fungos mitospóricos e à ordem Moniliales. Os conídios são piriformes, obclavados, com a base circular e o ápice fino, levemente escuros ou hialinos, com pequeno hilo na base, a maioria possui um ou dois septos transversais; ligam-se ao conidióforo pelo seu lado mais dilatado e medem entre 17-23 µm de comprimento por 8-11 µm de largura (Figura 1). Os conídios maduros possuem tipicamente três células e apresentam um apêndice basal no ponto de conexão com o conidióforo (PRABHU & FILIPPI, 2006).



Figura 1. Conídios de *P. grisea* em câmara de Neubauer.

As células conidiais são mononucleares e têm, em geral, sete cromossomos e um genoma estimado em 40 Mb. O número de cromossomos nas células da hifa varia de 02 a 12, sendo três na maioria das células. Os conidióforos são longos, septados, simples ou com fascículas, raramente ramificados, simpodiais, geniculados com a parte basal do conidióforo mais larga (GIATONG & FREDERIKSEN, 1969; XU & XUE, 2002).

Conidiogênese

A conidiogênese (formação do conídio), inicia-se com a produção do conidióforo, emitido através dos estômatos, ou pela erupção direta do tecido da cutícula da planta infectada. Um único conídio forma-se no ápice dos conidióforos, logo em seguida desenvolve-se uma ramificação abaixo do ponto de conexão do primeiro conídio e o segundo conídio começa a ser formado. O processo de formação dos conídios continua até que, média de 08 a 09 conídios sejam formados no mesmo conidióforo. A conidiogênese é holoblástica, produzindo, inicialmente, conídios mais ou menos redondos. Subsequentemente, o conídio atinge a forma alongada com ápice fino. Fatores fisiológicos e ambientais contribuem para a variação na forma das células da conidiogênese. Durante o amadurecimento, ainda ligado ao conidióforo, o conídio aumenta de tamanho e libera uma gota de mucilagem, cuja função é permitir a aderência do conídio a qualquer superfície, mesmo molhada (PRABHU & FILIPPI, 2006).

A nutrição pode afetar a produção de conídios, dependendo do isolado e do meio de cultura utilizado. A temperatura ideal para esporulação é de 28°C, embora os conídios possam formar-se e liberar-se dos conidióforos entre temperaturas que variam de 10 a 35°C (SILVA & PRABHU, 2005). A luz influencia positivamente a produção de esporos em meio de cultura, sendo que comprimentos de ondas entre 340-365 nm aumentam a produção de esporos (PRABHU & FILIPPI, 2006). O escuro contínuo reduz a produção de esporos (AHN & CHUNG, 1974).

Muitos fatores podem afetar a esporulação do patógeno em condições controladas, tais como temperatura, umidade e idade da cultura monospórica. Santos *et al.* (2008), realizaram trabalho com culturas de *M. grisea* de diferentes idades (10, 14, 18, 22, 26 e 30 dias) e verificaram que maior esporulação foi obtida no tratamento com 14 dias após a repicagem.

O Apressório é formado na extremidade do tubo germinativo. As colônias são muito variáveis quanto à densidade e à cor do micélio: são encontradas desde colônias ralas até cotonosas e desde colônias esbranquiçadas até acinzentadas escuras, em função do meio de cultura e do isolado do fungo (BERGAMIN FILHO, *et al.*, 1995)

A umidade (água no estado líquido ou gasoso) através do molhamento das folhas pelas chuvas ou pela deposição de orvalho é o fator determinante e essencial à ocorrência das doenças, ao passo que a temperatura age como catalisador, retardando ou acelerando o processo infeccioso e de reprodução do patógeno (REIS *et al.*, 1988).

Em relação à germinação, temperaturas compreendidas entre 25 e 28°C favorecem o processo. Quanto à umidade, a produção de conídios sobre as lesões tem início quando a umidade relativa atinge no mínimo 93%. Para a germinação, há necessidade de água livre, pois raramente o esporo germina sob condições de ar saturado. O desenvolvimento do micélio é favorecido por umidade relativa próxima de 93%. A luz também pode ter influência sobre o micélio e os esporos. Embora o crescimento do micélio, a germinação de conídios e a alongação do tubo germinativo sejam processos inibidos pela luz, a alternância da mesma tem papel importante sobre a produção de esporos. Estes iniciam a liberação tão logo escureça, alcançam um máximo em poucas horas e praticamente cessam na alvorada; sob condições de luz ou escuro contínuo a esporulação cai a níveis muito

baixos, voltando a aumentar quando os períodos de luz e escuro novamente voltarem a se alternar (SILVA & PRABHU, 2005).

Ciclo de vida do patógeno

O ciclo de vida de *M. grisea* inicia-se quando os conídios produzidos nas lesões são disseminados e entram em contato com a superfície das folhas de arroz. Os conídios não são viáveis por mais de quatro horas durante o dia no sol e por esta razão precisam aderir-se à superfície foliar. Os conídios são produzidos nas folhas de arroz quando a umidade do ar for superior a 93% e a germinação ocorre geralmente em água livre ou em condições de umidade que variam de 92 a 96%. A intensidade da luz também afeta negativamente o alongamento do tubo germinativo e a produção de esporos. Os conídios são disseminados pelo vento e depositados na superfície foliar. Aderem à folha pela liberação de mucilagem com função de aderência do conídio a qualquer superfície, mesmo em superfície molhada. Logo após a aderência, inicia-se a germinação com a emissão do tubo germinativo e apressório. Em 144 horas e sob condições de alta umidade, começam a produzir esporos em abundância, os quais são liberados e dispersos pelo vento, fornecendo inóculo para um ciclo de infecção subsequente (PRABHU & FILIPPI, 2006 p. 41). Sob condições favoráveis de umidade e de temperatura (períodos longos orvalho, umidade relativa alta, pequeno ou nenhum vento à noite e temperaturas noturnas entre 12 - 32 °C) o ciclo de infecção pode continuar (KATO, 2001).

Sintomatologia

A brusone pode ocorrer em todas as partes aéreas da planta, desde os estádios iniciais de desenvolvimento até a fase final de produção de grãos. As fases mais críticas da doença ocorrem nas folhas entre 20 e 40 dias de idade, bem como nas panículas e nas fases leitosa e pastosa dos grãos. O fungo produz lesões nas folhas, colmos, panículas e grãos, as condições mais favoráveis para o seu desenvolvimento são temperaturas entre 20 e 30° C, umidade relativa do ar superior a 90%, baixa luminosidade, desequilíbrio nutricional e falta de uniformidade de irrigação (PRABHU & FILIPPI, 2006; SILVA, 1993).

Nas folhas, os sintomas típicos iniciam-se por pequenos pontos de coloração castanha, que evoluem para manchas elípticas, com extremidades agudas, as quais, quando isoladas e completamente desenvolvidas, variam de 1-2 mm de

comprimento por 0,3-0,5 mm de largura. Estas manchas crescem no sentido das nervuras, apresentando um centro cinza e bordos marrom-avermelhados, às vezes circundadas por um halo amarelado. O centro é constituído por tecido necrosado sobre o qual são encontrados as estruturas reprodutivas do patógeno. A dimensão do bordo está diretamente relacionada com a resistência da variedade e com as condições climáticas. As manchas individualizadas podem coalescer e tomar áreas significativas do limbo foliar; neste caso, aparecem grandes lesões necróticas, que se estendem no sentido das nervuras (Figura 2). A redução da área foliar fotossintetizante tem reflexo direto sobre a produção de grãos. Quando a doença ocorre severamente nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta, o impacto é tão grande que a queima das folhas acaba por levar a planta à morte (PRABHU & FILIPPI, 2006).



Figura 2. Brusone na folha causada pelo fungo *M. grisea*.

Nos colmos, mais precisamente na região dos entre-nós, os sintomas evidenciam-se na forma de manchas elípticas escuras, com centro cinza e bordos marrons avermelhados. As manchas crescem no sentido do comprimento do colmo, podendo atingir grandes proporções. Esporos do patógeno podem estar presentes sobre o tecido necrosado das lesões. Os sintomas característicos nos nós são lesões de cor marrom, que podem atingir as regiões do colmo próximas aos nós atacados. As lesões provocam ruptura do tecido da região nodal, causando a morte das partes situadas acima deste ponto e a quebra do colmo, que, no entanto, permanece ligado à planta (FILIPPI, *et al.*, 1999).

Nas panículas, a doença pode atingir o raque, as ramificações e o nó basal. As manchas encontradas no raque e nas ramificações são marrons e normalmente

não apresentam forma definida (Figura 3); os grãos originados destas ramificações não se formam. A infecção do nó da base da panícula é conhecida como brusone do pescoço e tem papel relevante na produção. O sintoma se expressa na forma de uma lesão marrom que circunda a região nodal, provocando estrangulamento da mesma. Quando as panículas são atacadas imediatamente após a emissão até a fase de aparecimento de grãos leitosos, a doença pode provocar o chochamento total dos grãos; as panículas se apresentam esbranquiçadas e eriçadas, sendo facilmente identificadas no campo. Quando as panículas são infectadas mais tardiamente, ocorre redução no peso dos grãos ou a quebra da panícula na região afetada, caracterizando o sintoma conhecido por "pescoço quebrado". Os grãos, quando atacados, apresentam manchas marrons localizadas nas glumas e glumelas, as quais são facilmente confundidas com manchas causadas por outros fungos. Além da infecção externa, o patógeno pode atingir o embrião, sendo veiculado também internamente à semente (SUN *et al.*, 1986; BASTIAANS *et al.*, 1994 e DARIO, *et al.*, 2005).



Figura 3. Brusone na panícula causada pelo fungo *M. grisea*.

Reprodução do fungo

O patógeno pode sobreviver, na forma de micélio ou conídio, em restos de cultura, sementes, hospedeiros alternativos e plantas de arroz que permanecem no campo. A disseminação ocorre principalmente através do vento. Uma vez depositado na superfície da planta e na presença de água livre, o conídio germina, produzindo tubo germinativo e apressório. A penetração é feita diretamente através da cutícula, raramente pelos estômatos. A colonização dos tecidos é facilitada por

toxinas, que provocam a morte de células, e por hifas, que se desenvolvem no tecido morto (SILVA & PRABHU, 2005).

Fungos imperfeitos que não apresentam o ciclo sexual e, portanto, não apresentam variação devida à recombinação meiótica, podem recorrer ao ciclo parassexual para criar novas combinações de genes. Nesse caso, hifas haplóides fundem-se (anastomose), resultando em células heterocarióticas contendo dois núcleos, que por sua vez, podem se fundir (cariogamia), originando uma célula diplóide. Esta célula diplóide divide-se por mitose, originando micélio e conídios também diplóides. O ciclo parassexual representa uma alternativa ao ciclo sexual. A ocorrência de recombinação parassexual é invocada para explicar o aparecimento de novas raças quando duas ou mais raças distintas são misturadas (BERGAMIN FILHO, 1995 p.461).

Segundo o mesmo autor, embora os ciclos sexual e parassexual possam parecer semelhantes, existem diferenças fundamentais entre eles. No ciclo sexual, a fusão de núcleos só ocorre entre células sexuais especializadas resultando no zigoto (diplóide), que persiste por apenas uma divisão celular no ciclo sexual. No ciclo parassexual, a fusão ocorre entre hifas originando uma célula diplóide que pode se dividir mitoticamente por vários ciclos.

Mutações também podem aumentar a virulência de raças existentes ou a agressividade, o que causa erosão de genes menores de resistência. A mutação como uma fonte de variação genética causa alterações na seqüência do DNA de um gene individual, resultando em novos alelos na população. Populações com número maior de alelos têm maior diversidade de genes que populações com poucos alelos. Quando a mutação é combinada com a seleção direcional, os mutantes virulentos aumentam rapidamente em freqüência, eliminando a efetividade dos genes de resistência. Patógenos como *M. grisea*, com reprodução assexuada e possivelmente recombinação parassexual e/ou anastomose hifal, têm tendência à produção de linhagens clonais com grupos de alelos coadaptados. A capacidade dos esporos assexuais de persistirem e manterem-se viáveis de um ano para outro pode ter grande impacto na estrutura genética dessas populações (PRABHU & FILIPPI, 2006).

Cruzamentos entre isolados de diferentes hospedeiros, como arroz e *Eleusine*, foram demonstrados e, com base nesses estudos, todos os isolados de

diferentes hospedeiros foram agrupados em uma única espécie *M. grisea* (VALENT *et al.*, 1986).

Características Culturais

Em meio de cultura, como batata-dextrose-ágar (BDA) *M. grisea* cresce satisfatoriamente e também em muitos outros meios contendo extratos vegetais, como: aveia, farelo de arroz, farelo de milho e concentrado de tomate. As características culturais variam de acordo com o isolado e o meio de cultura utilizado. A coloração da colônia pode variar de branco oliva a cinza, a parte aérea possui pouco micélio, sendo constituída por uma massa grossa, com aspecto algodoado (Figura 4). As culturas provenientes do ápice de hifas, originadas do mesmo esporo, apresentam características de crescimento micelial diferentes em pigmentação e possivelmente também em patogenicidade. A temperatura adequada para o crescimento micelial, em meio de cultura, varia de 9 a 37°C, com ponto ótimo em 28°C e porcentagens de umidade maiores e menores que 93% afetam o crescimento micelial (PRABHU & FILIPPI, 2006).



Figura 4. Características culturais de *M. grisea* em meio de cultura BDA, apresentando diferenças de coloração.

Patótipos

A palavra raça é usada em ciências de população, inclusive genética de população, para descrever uma população distinta dentro da espécie ou subespécie. A descoberta de raças possibilitou o desenvolvimento de cultivares de arroz com genes efetivos contra grande número de raças e a combinação de genes que oferecem proteção diferencial para diferentes raças específicas em várias partes do mundo, embora durabilidade da resistência seja limitada. As raças do patógeno são definidas pela virulência ou avirulência para determinado gene de resistência no

hospedeiro. O valor maior da identificação de raças é facilitar a rápida comunicação entre pesquisadores quanto à diversidade em populações patogênicas entre e dentro de países. As raças ocorrem ao acaso através de mutação ou recombinação parasexual (PRABHU & FILIPPI, 2006).

Segundo o mesmo autor, com a disseminação do uso de cultivares resistentes plantadas em monocultivos em grandes áreas, a pressão de seleção sobre as populações de microrganismos fitopatogênicos aumentou substancialmente. Após alguns anos de cultivo de uma cultivar resistente, a elevada pressão de seleção sobre os patógenos da região pode resultar na “quebra” da resistência. Esta quebra pode ser atribuída ao surgimento de um novo patótipo virulento.

Há isolados de *M. grisea* que infectam somente o arroz e isolados que infectam outras gramíneas, especificamente plantas daninhas. A análise do DNA de isolados coletados na região onde o problema ocorreu revelou que os isolados capazes de atacar o trigo provavelmente descendem de isolados patogênicos a plantas daninhas (VALENT & CHUMLEY, 1991).

Bruno & Urashima (2001), estudando a inter-relação sexual de *Magnaporthe grisea* do trigo e de outros hospedeiros, entre as diversas gramíneas estudadas, os isolados de brusone provenientes de *Brachiaria plantaginea* e *T. aestivum* podem influenciar na alta variabilidade de *M. grisea* do trigo. Verificou-se variabilidade genética dentro de isolados de *Setaria geniculata*, sugerindo que a brusone desse hospedeiro pode influir na variabilidade da brusone do trigo. Nesse mesmo estudo, isolados de brusone do arroz apresentaram baixa fertilidade sexual. Essa característica de baixa fertilidade da brusone do arroz também já foi observada em estudos anteriores por Silué & Notteghem (1990), demonstrando que mesmo com o cultivo de arroz próximo ao trigo, a brusone do arroz não possui nenhum efeito na variabilidade da brusone do trigo.

Base genética da resistência

A descoberta de patótipos contribuiu para o conhecimento da herança da resistência e da base genética de alguns cultivares. Atkins & Johnston (1965), mostraram ocorrência de dois pares de genes independentes para as raças 1 e 6, em cruzamentos realizados com as cultivares Zenith e Gulfrose. No Japão, Kiyosawa (1981), utilizando sete isolados, identificou 13 genes maiores que

conferem resistência à brusone, inclusive em algumas cultivares exóticas. A relação de genes de resistência nas cultivares japonesas e introduzidas encontram-se na Tabela 1. Alguns genes têm alelos múltiplos, como $Pi-k^s$, $Pi-k^p$ e $Pi-k^h$, que estão localizados no loco $Pi-k$. A resistência à brusone, na maioria dos casos, está associada com características não desejáveis, como mancha de grãos (PRABHU & FILIPPI, 2006).

Para Filippi & Prabhu (1996), os genes com efeitos distintos são referidos como genes maiores. Em alguns casos, a reação à brusone nas folhas pode ser controlada por um par de genes em um loco (3:1), e a resistência pode ser dominante ou controlada por dois ou mais pares de genes em locos diferentes, atuando independentemente ou em associação duplicada (15:1, 9:7) ou complementar (9:7), indicada pela proporção de segregação nas populações F2. Em estudos de herança genética utilizando sete fontes de resistência e duas raças predominantes (IB-1 e IB-9), os resultados mostraram que a resistência é controlada por um ou três genes que segregam independentemente na maioria dos genitores doadores. A interação não alélica entre genes de resistência, inclusive epistasia dominante, foi identificada. Os resultados divergentes quanto à natureza da resistência têm sido atribuídos ao material genético utilizado, aos diferentes métodos de inoculação e aos critérios de avaliação para a classificação das plantas nas categorias resistente e suscetível.

Grande parte dos trabalhos sugere correlação positiva entre resistência foliar e panicular. Alta correlação entre os genes que condicionam resistência em folhas com os genes que condicionam resistência em panículas foi observada por Lins *et al.* (1980), que identificaram dois genes que em dominância condicionam resistência em folhas e panículas. Alguns locos de resistência parecem estar ligados a locos que controlam maturação e caracteres agrônômicos (RANGEL, 2006). Já Tanaka (1981), concluiu que existe diferença de incidência de brusone nas folhas e nas panículas, sugerindo que o controle genético de resistência à brusone na folha é independente do controle de resistência na doença na panícula. Entretanto, o mesmo autor, em alguns cruzamentos, identificou correlação positiva para os dois caracteres, à semelhança dos trabalhos de Ou (1980) e Lins *et al.* (1980). Seshu *et al.* (1986), detectaram também correlação significativa entre as reações na plântula e na floração.

Tabela 1. Relação de genes de resistência identificados nas cultivares japonesas introduzidas.

Genes de resistência	Cultivar
<i>Pi-a</i>	Aichi Asahi, Usen, Zenith
<i>Pi-i</i>	Fujisaka 5, Dawn
<i>Pi-k</i>	Kanto 51, kasube, Chokoto
<i>Pi-k^m</i>	Shin 2, Fujisaka
<i>Pi-k^s</i>	Taichung 65, To-to, Caloro, Lacrosse
<i>Pi-k^p</i>	HR-22, Pusur
<i>Pi-k^h</i>	Telep
<i>Pi-ta</i>	Tsuyuake, Tadukan, Pai-kan-tao
<i>Pi-ta²</i>	Yachiro-mochi, K-1, Tadukan
<i>Pi-z</i>	Pi-4, Zenith
<i>Pi-z^t</i>	TKM 1, Toride 1, CO25
<i>Pi-b</i>	Bengawan
<i>Pi-t</i>	Tjahaja

Fonte: Prabhu & Filippi (2006).

Padronização no método de identificação de patótipos

A identificação de raças exige a padronização do método de inoculação, avaliação e condições ambientais. As reações estão sujeitas a variações quanto ao estado nutricional da planta, idade da planta na época da inoculação, densidade de plantas, condições microclimáticas durante o período de incubação, concentração de conídios utilizada, colonização do patógeno e posterior desenvolvimento de lesões. O uso de método padronizado permite maior segurança na comparação de resultados obtidos de vários laboratórios no país (PRABHU & FILIPPI, 2006).

Diferenciadoras internacionais de raças

Atkins *et al.* (1967), com base em estudos cooperativos entre Japão e EUA, selecionaram oito cultivares como diferenciadoras de raças e identificaram 8 grupos de raças, designados como raças internacionais IA até IH. O grupo II foi adicionado para incluir uma possível raça que não infecta nenhuma das oito diferenciadoras. A designação das raças internacionais por letras seguidas de números e a chave para sua identificação foram sugeridas por Ling & Ou (1969).

A resposta destes genótipos, baseado nas oito diferenciadoras internacionais, permite classificar o fungo em no máximo de 256 possíveis raças fisiológicas pertencentes a nove grupos distintos. As 256 raças são compostas de 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2, 1 dos grupos IA, IB, IC, ID, IE, IF, IG, IH e II (Tabela 2), respectivamente.

Tabela 2. Diferenciadoras internacionais de raças fisiológicas de *M. grisea*.

Grupo ¹	Diferenciadora	Nº de acesso ²	Gene de resistência	Origem
A	Raminad Str. 3	ACC32557	-	Filipinas
B	Zenith	ACC32558	<i>Pi-a, Pi-z</i>	E.U.A.
C	NP-125	ACC32559	-	Índia
D	Usen	ACC32560	<i>Pi-a</i>	China
E	Dular	ACC32561	<i>Pi-k</i>	Paquistão
F	Kanto 51	ACC32562	<i>Pi-k</i>	Japão
G	Shao-tiao-tsao	ACC32563	<i>Pi-k^s</i>	China
H	Caloro	ACC32564	<i>Pi-k^s</i>	E.U.A.

¹As raças compatíveis para as diferenciadoras respectivas são classificadas em grupos de A até H;

²Número de acesso do banco ativo de germoplasma do IRRI.

Fonte: Prabhu & Filippi (2006).

Resistência Genética

A resistência genética tem sido a forma mais eficiente no controle de doenças de plantas, tanto pelas suas vantagens econômicas, quanto ambientais. No entanto, a obtenção de uma resistência durável, continua sendo em grande parte dos patossistemas, um desafio para os melhoristas e fitopatologistas (CASELA & GUIMARÃES, 2005).

A resistência a um hospedeiro, dentro do contexto da fisiologia do parasitismo, pode ser definida como a capacidade da planta em atrasar ou evitar a entrada e/ou a subsequente atividade de um patógeno em seus tecidos. Algumas fontes de resistência são reconhecidas por causa do amplo espectro de raças fisiológicas contra as quais fornecem proteção. Outras fontes de resistência são, entretanto, específicas a uma ou poucas raças fisiológicas. A observação desse fenômeno culminou com a formulação da teoria das resistências vertical e horizontal, proposta por Vander Plank (1963).

A resistência tem sido definida de diferentes formas. Robinson (1969) definiu resistência como a capacidade do hospedeiro em impedir o desenvolvimento do patógeno ou agente causal da doença. De acordo com Russell (1978), a resistência é qualquer característica herdada do hospedeiro que reduz o efeito do patógeno, ou seja, as plantas resistentes são menos afetadas do que as plantas suscetíveis.

A resistência, em geral, é uma resposta do hospedeiro ao patógeno durante o processo de colonização intracelular. Os mecanismos de defesa da planta preexistente previnem o patógeno da penetração ou previnem o desenvolvimento

após a penetração. As explicações para instabilidade da resistência dessas novas cultivares podem ser agrupadas em dois grandes grupos, o primeiro seria a exposição inadequada dos materiais à diversidade populacional do patógeno durante os programas de melhoramento, como por exemplo, onde a diversidade patogênica, geralmente alta, observada em campos experimentais para seleção de melhoramento de cultivares. O segundo é a alta variabilidade do fungo causador dessa doença que é composto de patótipos, ou raças fisiológicas, com características de virulência distintas (FILIPPI *et al.*, 1999).

A interação patógeno-hospedeiro é considerada compatível quando a planta não consegue se defender do ataque de patógenos, manifestando sintomas típicos da doença. Nesse caso, o patógeno é considerado virulento e a planta, suscetível. Numa interação incompatível, o patógeno não consegue se instalar na planta hospedeira e provocar doença. Assim, a planta é considerada resistente e o patógeno, avirulento. A reação de resistência é resultado de rápido reconhecimento molecular, seguido de várias reações de defesa do hospedeiro a tempo de impedir que o patógeno se estabeleça (HAMMOMD-KOSACK & JONES, 2000). Desta forma, a diferença entre resistência e suscetibilidade está na capacidade da planta de reconhecer o patógeno invasor e ativar de maneira rápida seus mecanismos de defesa (GUZZO, 2004).

Segundo Flor (1971), a interação de gene a gene entre planta e patógeno indica que o patógeno produz elicitores (produtos do gene de avirulência) que são reconhecidos por receptores (produtos dos genes de resistência) na planta.

Segundo Vander Planck (1963), a resistência pode ser classificada, de acordo com sua efetividade contra raças do patógeno, em resistência vertical e horizontal. A resistência vertical é específica às raças do patógeno, já a resistência horizontal, além de não ser específica às raças do patógeno, é durável. O mesmo autor também observou que é possível identificar o tipo de resistência por meio da significância da interação cultivares por raças.

A vulnerabilidade genética a doenças pode estar ligada a diversos fatores como existência de uma base genética estreita; plantio de um único genótipo em grandes extensões de área; introdução de patógenos; associação de algumas características agronômicas desejáveis à suscetibilidade de alguns patógenos; quebra da resistência vertical por mudanças ocorridas na população do patógeno e também a ocorrência de fatores ambientais favoráveis à epidemia. Todos estes

fatores são influenciados, diretos ou indiretamente, pela capacidade evolutiva do patógeno (CASELA & GUIMARÃES, 2005). De acordo com Levy *et al.* (1993), as prováveis causas para que os genótipos tornem-se suscetíveis à doença é a ocorrência de trocas genéticas no patógeno gerando formas diferentes de virulência ou o aumento da frequência de patótipos do fungo de ocorrência rara.

A maioria dos trabalhos sobre a análise genética da patogenicidade revela mecanismos monogênicos (BERGAMIN FILHO *et al.*, 1995 p. 479). Isto, no entanto, não exclui a possibilidade da existência de mecanismos poligênicos. Valent *et al.* (1991) demonstrou a existência de patogenicidade do tipo poligênica em *M. grisea*.

Resistência vertical

A resistência vertical (RV) é aquela efetiva contra patótipos de um patógeno. É também denominada resistência específica ou qualitativa, devido a fácil visualização entre plantas resistentes e suscetíveis (BORÉM & MIRANDA, 2005 p. 516). Sob o ponto de vista agrônomo, a principal característica de resistência vertical é a quebra da resistência, enquanto que a resistência horizontal se caracteriza pela sua estabilidade (ROBINSON, 1971).

A resistência vertical é monogênica e demonstra efeitos maiores e interação diferencial. A falta da RV ocorre rápida taxa de infecção da doença na planta, comparada a uma cultivar completamente suscetível. O objetivo da resistência vertical é retardar epidemias. A desvantagem é a possibilidade de propiciar vulnerabilidade a novas raças do patógeno. A utilização de cultivares resistentes em sistema de monocultivo em grandes áreas agrícolas, propicia a pressão de seleção sobre populações fitopatogênicas. Isto pode resultar na vulnerabilidade desse cultivar e conseqüente “quebra” da resistência, mediante o surgimento de nova raça virulenta (BERGAMIN FILHO *et al.*, 1995).

Linhas isogênicas de arroz têm sido muito utilizadas para determinação do espectro de virulência da população do patógeno devido, principalmente, à presença de um único alelo de resistência conhecido em cada um desses genótipos (INUKAI *et al.*, 1994). A reação de linhas isogênicas também tem tornado possível determinar quais são os alelos de resistência mais eficazes, de diferentes genes, para controlar a doença no local onde os isolados monospóricos do patógeno foram obtidos (CHEN *et al.*, 1995; MEKWATANARKARN *et al.*, 2000; FILIPPI & PRABHU, 2001).

A principal estratégia para a utilização da resistência vertical é a *piramidação*, novo termo empregado para caracterizar a introgressão de vários genes de resistência vertical em uma única variedade. A piramidação pode ser estabelecida com a introdução de genes maiores e menores, genes específicos e não-específicos, ou qualquer outro tipo de gene que confira resistência ao patógeno. Combinar três ou quatro genes, por exemplo, em uma única variedade e manter outras características superiores não é trabalho simples. A seleção assistida por marcadores moleculares apresenta grande potencial de utilização para a piramidação de genes de resistência (BORÉM & MIRANDA, 2005 p. 359).

O melhorista pode utilizar algumas estratégias com objetivo de evitar que a perda da resistência vertical seja mais lenta, dentre elas temos a multilinha.

Resistência horizontal

Segundo Vander Plank (1963), a resistência horizontal, além de não ser específica às raças do patógeno é conferida por genes menores que apresentam resistência uniforme contra todas as raças do fungo, sendo considerada durável por apresentar maior estabilidade. Também denominada resistência geral, de campo, não específica ou quantitativa.

Sob o ponto de vista agrônomo, a resistência horizontal se caracteriza pela sua estabilidade (ROBINSON, 1971). Essa estabilidade da é influenciada pelo número de genes de resistência condicionando o caráter e pela habilidade relativa do patógeno em criar novas raças com genes de virulência para vencer a resistência do hospedeiro. Esse tipo de resistência apresenta como característica a presença de variação contínua de graus de resistência, indo de extrema resistência até extrema suscetibilidade. Deste modo é também chamada de resistência quantitativa, principalmente devido a esta característica métrica (BERGAMIN FILHO *et al.*, 1995 p. 475).

LITERATURA CITADA

AHN, S. W.; & CHUNG, H. S. Effect of near-ultraviolet irradiation on sporulation by *Pyricularia oryzae* Cavara on culture media. **Annals of the Phytopathological Society of Japan**, Tokyo, v. 40, p. 337-343, 1974.

ASUYAMA, H. Morphology, taxonomy, host range, and life cycle of *Pyricularia oryzae*. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **The rice blast disease**. Baltimore: Johns Hopkins, p. 9-22, 1965

ATKINS, J. G.; JOHNSTON, T. H. Inheritance in rice of reactions to races 1 and 6 of *Pyricularia oryzae* Cav. **Phytopathology**, St. Paul, v. 55, n. 9, p. 993-995, 1965.

ATKINS, J. G.; ROBERT, A. L.; ADAIR, C. R.; GOTO, K.; KOZAKA, T.; YANAGITA, R.; YAMADA, M.; MATSUMOTO, S. An international set of rice varieties for differentiating races of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 57, p. 297-301, 1967.

BASTIAANS, L.; RABBINGE, R.; ZADOKS, J. C. Understanding and modeling leaf blast effects on crop physiology and yield. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). Rice blast disease. **Wallingford: CAB**. p. 357-380, 1994.

BENDENDO, I. P. Doenças do arroz. In: KIMATI, H. *et al.* (Ed.) **Manual de fitopatologia**. 3ª. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 85-99, 1997.

BENSKOW, P. R. **O arroz na história. A formação da economia arrozeira do Rio Grande do Sul**. IRGA - Consumo de Arroz. Disponível em: <<http://200.96.107.174/coma-arroz/paginas/ahistoria.php>>. Acesso em: 06 fev. 2007.

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. Manual de Fitopatologia. Vol. 1: Princípios e Conceitos. 3ª ed. Agronômica Ceres, São Paulo-SP. 919 p. 1995.

BERNI, R. F. & PRABHU, A. S. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 195-201, 2003.

BORÉM, A. & MIRANDA G. V. **Melhoramento de plantas**. 4ª ed. Ed. UFV. Viçosa-MG, 2005, 525 p.

BROWNING, J. A. & FREY, K. J. The multililine concept in theory and practice. In: JENKYN, J. F. And PLUMB, R. T. (ed). **Strategies for the control of cereal disease**. Oxford: Blaekwell. P.37-46, 1981.

BRUNO, A.C. & URASHIMA, A.S. Inter-relação sexual de Magnaporthe grisea do trigo com a brusone de outros hospedeiros. **Fitopatologia Brasileira** v. 26, p. 21-26. 2001.

CASELA, C.R.; GUIMARÃES, F. B.. Rotação de genes no manejo da resistência a doenças. LUZ, W.C.; FERNANDES, J.M.; PRESTES, A.M.; PICININI, E.C. RAAP: v. 13, p. 321-349, 2005.

CASTILLA, N.P.; VERA CRUZ, C.M.; MEW, T.W. Using rice cultivar mixtures: a sustainable approach for managing diseases and increasing yield. *International rice research notes* v. 28, n. 2, p. 5-11, 2003.

CHEN, D.H., ZEIGLER, R.S., LEUNG, H. & NELSON, R.J. Population structure of *Pyricularia grisea* in two screening sites in Philippines. **Phytopathology**. v. 85, p. 1011-1020, 1995.

DARIO, G. J. A.; MANFRON, P. A; BONNECARRÉRE, R. A. G.; DOURADO NETO, D.; MARTIN, T. N.; CRESPO, P. E. N. Controle químico de brusone em arroz irrigado. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.12, n.1, p. 25-33. 2005.

EMBRAPA-Embrapa Clima Temperado. **Cultivo do arroz irrigado no Brasil** Sistemas de Produção, 3 ISSN 1806-9207 Versão Eletrônica Nov./2005. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/sistemas/arroz/autores.htm>, Acesso em: 08/12/2006.

FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S. Inheritance of blast resistance in rice to two *Pyricularia grisea* races, IB-1 and IB-9. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 4, p. 599-604, 1996.

FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S. Phenotypic virulence analysis of *Pyricularia grisea* isolates from Brazilian upland rice cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 27-35, 2001.

FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S.; LEVY, M. Differential compatibility of *Pyricularia grisea* isolates with some Brazilian irrigated rice cultivars. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 3, p. 447-450, 1999.

FLOR, H. H. Current status of the gene-for-gene concept. **Annual Review of phytopathology**, Palo Alto, v. 9, p. 275-296, 1971.

GIATONG, P.; FREDERIKSEN, R. A. Pathogenic variability and cytology of monoconidial subcultures of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 59, n. 8, p 1152-1157, 1969.

GOMES, A.S.; MAGALHÃES, A.M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2004.

GUZZO, S.D. Aspectos bioquímicos e moleculares da resistência sistêmica adquirida em cafeeiro contra *Hemileia vastatrix*. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

HAMMOND-KOSACK, K.E.; JONES, J.D.G. Response to plant pathogens. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W. JONES, R.L. (Ed.). **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: ASPP, p.1102-1156, 2000.

IGARASHI, S.; UTIAMADA, C.M. IGARASHI, L.C., KAZUMA, A.H. & LOPES, R.S. *Magnaporthe* em trigo. Ocorrência de *Magnaporthe* sp. no Estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**. V. 11, p. 351-352, 1986.

INUKAI, T., NELSON, R.J., ZEIGLER, R.S., SARKARUNG, S. TAKAMURE, I. & KINOSHITA, T. Differentiation of pathogenic races of rice blast fungus by using near-isogenic lines with *Indica* genetic background. *Journal of the Faculty of Agriculture Hokkaido* 66:27-35. 1994.

KATO, H. Rice blast disease. *Pesticide Outlook*, v.13 , p.23-5, 2001.

KIYOSAWA, S. Gene analysis for blast resistance. **Oryza**, Cuttack, v. 18, n. 4, p. 196-203, 1981.

KHUSH G.S. & VIRK P.S. Rice improvement: past, present and future. in: kang, M.S. (editor). *Crop Improvement: Challenges in the twenty-century*. New York: Food Products Press, p.17-42, 2002.

LEVY, M., CORREA-VICTORIA, F.S., ZEIGLER, R.S., XU, S. & HAMER, J.E. Genetic diversity of the rice blast fungus in a disease nursery in Colombia. **Phytopathology**, v. 83, p. 1427-1433. 1993.

LING, K. C. & OU, S. H. Standardization of the international race numbers of *Pyricularia oryzae*. **Phytopatology**, St. Paul, v. 59, n. 3, p. 339-342, 1969.

LINS, S.C.; FENG, R.Y.; KANG, X. H.; Xy, W.T.; SHENG, J. S.; CHEN, Z. Y.; WAN, W. Studies on disease resistance in rice breeding I. Resistance to *Pyricularia oryzae* in japonica rice and breeding Zhongdan 1,2 and 3. **Scientia Sínica**, v. 1, p. 1-14, 1980.

MEKWATANAKARN, P., KOSITRANA, W & ZEIGLER, R.S. Pathotype and avirulence gene diversity of *Pyricularia grisea* in Thailand as determined by rice lines near-isogenic for major resistance genes. **Plant Disease** v. 84, p. 60-70, 2000.

NUNES, C. D. M.; CARVALHO, F. I. F.; PIEROBOM, C. R. & OLIVEIRA, A. Genética da Resistência de Cultivares de Arroz à Raça IA-1 de *Magnaporthe grisea*. **Fitopatologia Brasileira**. V. 32, n. 1, p. 64-69, 2007.

OU, S.H. Blast. Pages 109-201 in: **Rice diseases**. Ou, S.H. 2nd ed. CAB International, Wallingford, UK. 1985.

OU, S. H. Pathogenic variability and host resistance of the rice blast fungus, *Pyricularia grisea* Cavara. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 18, p. 167-187, 1980.

PADWICK, G. W. Manual of rice diseases. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1950. 198 p.

PINNSCHMIDT, H. O.; TENG, P. S.; YONG, L. Methodology for quantifying rice yield effects of blast. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). Rice blast disease. **Wallingford: CAB**, p. 381-408, 1994.

PRABHU, A. S.; BEDENDO, I.P.; FILIPPI, M.C. **Principais doenças do arroz no Brasil**. 3.ed. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1995. 43p.

PRABHU, A. S.; BEDENDO, I.P. **Principais doenças do arroz no Brasil**. 2.ed. Goiânia: CNPAF/EMBRAPA, 1990. 31p.

PRABHU, A. S.; FARIA, J. C.; CARVALHO, J. R. P. Efeito da brusone sobre a matéria seca, produção de grãos e seus componentes em arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 5, p. 495- 500, 1986.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. C. **Brusone em arroz: controle genético, progresso e perspectivas**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, 2006, 388 p.

RANGEL, P. H. N. Mapeamento genético e piramidização de genes de resistência no desenvolvimento de multilinhas e cultivares compostas de arroz irrigado com resistência estável à brusone (*Pyricularia grisea*). **Relatório Técnico**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

RANGEL, P. H. N.; SOARES, D. M.; MORAIS, O. P.; CUTRIM, V. A. DINIZ, J. A.; FONSECA, J. R. BRS Alvorada and BRSGO Guará - Irrigated Rice Cultivars for the States Goiás and Tocantins. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, V. 6, P. 319-322, 2006.

REIS, E.M., FERNANDES, J.M.C., PICININI, E.C. Estratégias para o controle de doença do trigo. Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1988, 50p.

ROBINSON, R. A..Vertical resistance. *Plant Pathology*. v. 50, n. 5, p. 233-239, 1971.

ROBINSON, R. A. Disease resistance terminology. **Review of Applied Mycology**, Surrey, v. 48, p. 593-606, 1969.

RUSSELL, G. E. **Plant breeding for pest and disease resistance**. London: Butterworths, 1978. 465 p.

SANTOS, G.R.; KORNDORFER, G. H.; PRABHU, A. S. Eficiência do silício combinado com nitrogênio e tratamento de sementes no controle de doenças do arroz irrigado por inundação. **Biosci J.**, Uberlândia, v. 19, n. 3, p. 43-49, 2003a.

SANTOS, G.R.; RANGEL, P.H.N.; CAMARA, R.K. Avaliação de genótipos de arroz irrigado à queima e mancha das bainhas em Tocantins. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v.19, n.1, p. 15-21, 2003b.

SANTOS, G.R. ; RANGEL, P. H. N.; SANTIAGO, C. M.; LEÃO, F. F.; MARRA, B.; ALMEIDA JUNIOR, D. Reação a doenças e caracteres agrônômicos de genótipos de arroz de várzeas no Estado do Tocantins. *Revista Agropecuária Técnica*, Areia-PB, v. 26, n. 1, p. 51-57, 2005.

SANTOS, G.R.; SABOYA, L. M. F.; RANGEL, P. H. N.; OLIVEIRA FILHO, J. C. Resistência de genótipos de arroz a doenças no sul do Estado do Tocantins, Brasil. **Biosci J.**, v. 18, n. 1, p. 3-13, 2002.

SANTOS, G. R.; SILVA, L. M. A.; DIAS NETO, J. J.; RANGEL, P. H. N.; FERREIRA M. E.; CANJÃO, E. R.; CUNHA, A. C. F.; CASTRO NETO, M. D. Esporulação de *Pyricularia grisea* do arroz em culturas com diferentes idades. **Tropical Plant Pathology**, v. 33 (suplemento), p.183, 2008.

SEAGRO-TO: Secretaria da Agricultura do Estado do Tocantins. **Mapa do Arroz no Tocantins, Safra 2007/2008**. Disponível www.seagro.to.gov.br. Acesso em 24/09/2008.

SESHU, D. V.; KWAK, T. S.; MACKILL, D. J. Global evaluation of rice varietal reactions to blast disease. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Progress in upland rice research**. Manila, p. 335-351, 1986.

SILUÉ, D. & NOTTEGHEM, J.L. Production of perithecia of *Magnaporthe grisea* on rice plants. *Mycological Research* 94:1151-1152. 1990.

SILVA, L. M. A.; SANTOS, G. R.; DIAS NETO, J. J. RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E.; CUNHA, A. C. F.; CANJÃO, E. R.; CASTRO NETO, M. D. Identificação de raças de *Pyricularia grisea* em multilinhas e variedades compostas de arroz irrigado no Estado do Tocantins. **Tropical Plant Pathology**, v. 33 (suplemento), p.233, 2008.

SILVA, G. B. & PRABHU, A. S. Quantificação de conídios de *Pyricularia grisea* no Plantio Direto e Convencional de Arroz de Terra Altas. **Fitopatologia brasileira**. V. 30, n. 6, p. 569-573, 2005.

SILVA M.C.C. **Estudo da herança da resistência do arroz (*Oryza sativa*) a *Pyricularia oryzae***. Goiânia: UFG (Dissertação Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), 1993. 74p.

SUN, S. Y.; JIN, M. Z.; ZHANG, Z. M.; TAO, X. L.; TAO, R. X.; FANG, D. F. Rice blast disease and its control. **Shangai: Shangai Scientific and Technology**, 1986. 182 p.

TANAKA, Y. Basic study of breeding for resistance to rice blast(*Pyricularia oryzae*) disease in Brazil. Goiânia: Embrapa-CNPAP, v2, 1981.

TEIXEIRA, E. A.; FILIPPI, M. C; PRABHU, A. S. Eficiência relativa dos fungicidas sistêmicos, no tratamento de sementes para o controle da brusone nas folhas de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 19, no 2, p.179-184, 1997.

VALENT, B. & CHUMLEY, F. G. Molecular genetic analysis of the rice blast fungus, *Magnaporthe grisea*. **Annual Review Phytopathology**, n. 29, p. 443-467, 1991.

VALENT, B. CRAWFORD, M. S.; WEAVER, C. G.; CHUMLEY, F. G. Genetic studies of fertility and pathogenicity in *Magnaporthe grisea* (*Pyricularia oryzae*). **Iowa State Journal of Research**, Ames, v. 60, n. 4, p. 569-594, 1986.

VALENT, B.; FARRALL, L. & CHUMLEY, F. G. *Magnaporthe grisea* Genes for Pathogenicity and Virulence Identified Through a series of Backcrosses. **Genetics**, n° 127, p. 87-101, 1991.

VANDER PLANK, J. E. **Plant diseases**: epidemics and control. New York: Academic Press, 1963. 349 p.

VAUGHAN D.A, KADOWAKI K, KAGA A, TOMOOKA N. On the phylogeny and biogeography of the genus *Oryza*. **Breeding Science**. 55:113-122. 2005.

XU, J. R.; XUE, C. Time for a blast: genomics of *Magnaporthe grisea*. **Molecular Plant Pathology**, London, v. 3, n. 3, p. 173-176, 2002.

YAEGASHI, H.; HEBERT, T. T. Perithecial development and nuclear behaviour in *Pyricularia*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 66, n. 2, p. 122-126, 1976.

ZHU Y.; CHEN H.; FAN J.; WANG, Y.; LI, Y.; CHEN, J.; YNAG, S.; HUS, L.; LEUNG, H.; MEW, T.W.; TENG, P.S.; WANG, Z.; MUNDT, C.C. Genetic Diversity and Disease Control in Rice. **Nature** 406, v. 17, p. 718-722, 2000.

CAPÍTULO I

IDENTIFICAÇÃO DE RAÇAS FISIOLÓGICAS DE *Magnaporthe grisea* EM ENSAIOS CONSTITUÍDOS DE MULTILINHAS E VARIEDADES COMPOSTAS DE ARROZ IRRIGADO NO ESTADO DO TOCANTINS

RESUMO

A brusone, causada pelo fungo *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr. (anamorfo: *Pyricularia grisea*), é a doença mais importante da cultura do arroz no Brasil, constituindo fator limitante para a produtividade. Foram feitas coletas de plantas doentes em áreas experimentais constituídas de três ensaios de multilinhas e variedades compostas de arroz irrigado localizados em municípios representativos do Estado do Tocantins, com o objetivo de determinar as raças fisiológicas de *M. grisea* prevalentes. Foram obtidos um total de 250 isolados monospóricos que em seguida foram inoculados em uma Série Internacional de Diferenciadoras (SID). A determinação das raças foi feita de acordo com a reação na SID e as raças determinadas utilizando-se uma escala visual de notas de 0 a 9. Foram identificadas um total de 45 raças, sendo que a raça que ocorreu com maior prevalência foi a IA-1 em 24,8% dos isolados, seguida pela IA-65 em 11,2% e IA-33 em 6,4%. Maior número de raças foi encontrada nos ensaios localizados no município da Lagoa da Confusão, seguido de Formoso do Araguaia, no Projeto Formoso e na área da Unitins-Agro. Na população do fungo *M. grisea* amostrada, encontrou-se uma grande variabilidade, com prevalência das raças dos grupos IA, IB e ID.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, *Pyricularia grisea*, brusone.

Identification of physiological races of *Magnaporthe grisea* in experiments consisting of multilines and varietal mixtures of irrigated rice at Tocantins State

ABSTRACT

In Brazil, the most important disease in rice is blast, which is caused by the fungus *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr. (anamorph: *Pyricularia grisea*). Such disease is a limiting factor for rice productivity. This work aimed to determine the most prevalent physiological races of *M. grisea* at the state of Tocantins. To assess this information, infected plants were collected in three experimental sites, each consisting of multilines and varietal mixture of irrigated rice at Tocantins state. It was obtained a total of 250 monosporic isolates. Subsequently, these isolates were inoculated in the International Standard Differential (ISD). The races were determined according to a grade scale ranging from 0 to 9 by using the reaction of these races in the ISD. A total of 45 races were identified, where the most prevalent race was IA-1 (24.8% of the isolates), followed by IA-65 (11.2%) and IA-33 (6.4%), respectively. The highest number of races was found in the experimental site located at Lagoa da Confusão, followed by Formoso do Araguaia (Projeto Formoso) and Unitins-Agro, respectively. In the population of *M. grisea* under study, it was found a high variability with prevalence of the following group of races: IA, IB and ID.

Keywords: *Oryza sativa*, *Pyricularia grisea*, blast.

INTRODUÇÃO

A brusone causada pelo fungo *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. (*Magnaporthe grisea* Barr.) é a mais importante doença da cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). De acordo com Pinho *et al.* (2008), as perdas são variáveis em função da variedade cultivada e das condições ambientais nas áreas de cultivo, a doença pode ocorrer em todas as partes aéreas da planta, desde os estádios iniciais de desenvolvimento até a fase final de produção de grãos. O desenvolvimento de cultivares resistentes é o método mais viável de controle dessa doença. Entretanto, para as condições ambientais do Estado do Tocantins, cultivares resistentes têm apresentado uma vida útil de apenas dois a três anos após seu lançamento (RANGEL, *et al.*, 2006; SILVA *et al.* 2008a).

Com o monocultivo de cultivares resistentes em grandes áreas, a pressão de seleção sobre as populações dos microrganismos fitopatogênicos aumenta substancialmente. Após alguns anos de plantio de uma mesma cultivar, a elevada pressão de seleção sobre o patógeno pode causar a quebra da resistência por causa do surgimento de uma nova raça fisiológica, virulenta à cultivar anteriormente resistente (PRABHU & FILIPPI, 2006). De acordo com Levy *et al.* (1993), as prováveis causas para que os genótipos tornem-se suscetíveis à doença são a ocorrência de trocas genéticas no patógeno, gerando formas diferentes de virulência ou o aumento da frequência de patótipos do fungo de ocorrência rara.

O fungo causador da brusone é composto de patótipos, ou raças fisiológicas, com características de virulência distintas. A maioria dos estudos conduzidos no Brasil e em outros países concentraram na determinação e composição de raças, na sua frequência de ocorrência e na sua compatibilidade com genes de resistência conhecidos. Para Santos *et al.* (2008), muitos fatores podem afetar a produção e a esporulação do patógeno, tais como temperatura, umidade e idade da cultura isolada. A diversidade patogênica é geralmente alta em campos experimentais e nos locais de testes de seleção para melhoramento de cultivares (FILIPPI *et al.*, 1999).

Segundo Silva *et al.* (2008a), o agente causal da brusone do arroz apresenta raças fisiológicas com variada capacidade patogênica. Devido à alta variabilidade do fungo, cultivares resistentes deixam de ser efetivas em pouco tempo. As variações em patogenicidade não são encontradas somente em diferentes isolados, mas também em culturas monospóricas, em conídios de uma única lesão e mesmo em

extremidades de hifas de única célula de conídio (OU, 1987). Segundo Bedendo *et al.* (1979), podem ocorrer diferentes raças fisiológicas em uma lesão produzida pelo fungo em planta de arroz. Comentários discordantes foram apresentados por Wu e Latterell (1986), que consideram baixa a variabilidade de *M. grisea*.

No Estado de Goiás, Filippi, *et al.* (1999), estudando a compatibilidade diferencial de isolados de *Pyricularia grisea* em algumas cultivares de arroz irrigadas, identificaram sete patótipos entre os 24 isolados testados, sendo predominante a raças IB-9, que foi detectada em oito das onze cultivares.

No Estado do Tocantins, no período de 1998 e 1999, trabalhos realizados por Prabhu *et al.* (2002), para caracterização genética e fenotípica de isolados de *P. grisea* coletados em lavouras das cultivares Epagri 108 e 109, nos municípios de Lagoa da Confusão e Dueré, foram identificados 53 isolados e o patótipo IB-45 foi prevalente com 83% dos isolados.

Em outro trabalho realizado por Filippi & Prabhu (2001), nos municípios de Santo Antonio de Goiás-GO, Jaciara-MT e Vilhena-RO, por um período de três anos, estudando a virulência fenotípica da população de *P. grisea* em 10 cultivares de arroz de terras altas, identificaram 16 patótipos em 72 isolados monospóricos, dos quais IB-9 e IB-41 foram os predominantes.

Em Minas Gerais, no período de 1999 a 2000, Cornelio *et al.* (2003), identificaram 14 patótipos em 138 isolados monospóricos, sendo prevalentes IA-9 (41,18%), IA-1 (18,37%), IB-9 (16,92%) e IC-9 (8,08%).

No Rio Grande do Sul, estudos mais recentes realizados por Maciel *et al.* (2004), com objetivo de comparar a variação genética entre duas cultivares Raminad Str. 3, foram identificados 31 patótipos em 85 isolados, sendo que o mais encontrado foi IH-1 e a maioria das raças pertenceram ao grupo IA.

Segundo Browning & Frey (1981), multilinha é uma mistura de linhagens genotipicamente idênticas, mas que diferem uma da outra quanto ao gene de resistência a uma determinada raça do patógeno que elas carregam. No caso de doenças, a utilização de multilinhas faria com que no campo houvesse linhagens resistentes a diferentes raças de um patógeno, já que cada linhagem seria resistente a uma ou mais raças, e dessa forma, o ataque por parte desse patógeno não seria tão eficiente. De acordo com Silva *et al.* (2008b), multilinhas e variedades compostas podem controlar um espectro maior de raças em uma população patogênica. Sua

utilização no campo leva a resistência a diferentes raças do patógeno, aumentando a competição e limitando a dominância de raças virulentas.

Este foi o primeiro estudo sobre a identificação de raças de *M. grisea* em ensaios de multilinhas e variedades compostas em lavouras de arroz irrigado no Estado do Tocantins. Os genes de resistência à brusone ainda não são conhecidos, está sendo realizado a genotipagem de plantas na EMBRAPA-CENARGEN para identificação e espera-se que os trabalhos sejam concluídos até o primeiro semestre de 2009.

Sabe-se que o desenvolvimento de cultivares de arroz resistentes a brusone, requer inicialmente o conhecimento da diversidade e prevalência das raças fisiológicas nas regiões onde as cultivares serão recomendadas. Como se espera que a população do patógeno seja altamente variável e dinâmica, faz-se necessária uma amostragem e identificação das raças prevalentes para que os genes empregados nas novas cultivares sejam eficazes na conferência de resistência às principais raças do patógeno.

O presente trabalho teve como objetivo identificar as raças fisiológicas de *M. grisea* prevalentes em ensaios de multilinhas e variedades compostas de arroz irrigado no Estado do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

Para determinação da ocorrência e das raças fisiológicas de *M. grisea* prevalentes em ensaios constituídos por multilinhas e variedades compostas de arroz irrigado no Estado do Tocantins, foram desenvolvidos trabalhos no período de Outubro de 2007 a Setembro de 2008, realizados em três etapas distintas: coletas de folhas e panículas com sintomas típicos de brusone, produção do inóculo e identificação das raças.

Material vegetal utilizado

Os ensaios foram desenvolvidos através de uma parceria entre Universidade Federal do Tocantins e EMBRAPA Arroz e Feijão, utilizando-se linhagens famílias RC3-F4, desenvolvidas pela EMBRAPA Arroz e Feijão, num programa de retrocruzamento com diferentes genes de resistência à brusone em linhagens elite de arroz.

Descrição dos experimentos de campo

O Ensaio foi constituído por 11 tratamentos (Tabela 1), sendo sete linhagens resistentes (três multilinhas e quatro variedades compostas) e quatro testemunhas (Formoso, Diamante, CNA8502 e Epagri 109) no delineamento de blocos completos casualizados com três repetições, sendo uma repetição por local: Lagoa da Confusão (Fazenda São Francisco), Formoso do Araguaia (Projeto Formoso e Estação experimental UNITINS-Agro).

Utilizou-se parcelas de 10 x 50 metros, totalizando 5.500 m² em cada repetição, com espaçamento de 20 cm entre linhas e densidade de 100 sementes por metro linear. Na adubação de plantio foram utilizados 430 Kg/ha de NPK 05-25-15 e em cobertura foi utilizado 100 kg ha⁻¹ de uréia. A irrigação por inundação foi realizada por volta de 30 dias após a germinação.

Coleta de plantas infectadas

Para determinação da ocorrência das raças fisiológicas de *M. grisea*, foram realizadas seis coletas durante todo o ciclo da cultura.

Inicialmente foram realizadas quatro coletas de folhas em plantas com idade entre 25 a 55 dias, constituindo-se o período mais crítico para a brusone na folha,

procurando-se coletar folhas mais novas, com lesões esporulativas. Na fase reprodutiva foram realizadas duas coletas para panículas. Todas as amostras encontradas com sintomas típicos de brusone (em folhas e panículas), foram embaladas em sacos de papel, identificadas e secas à sombra em temperatura ambiente por 24 horas.

Tabela 1: Relação de multilinhas e variedades compostas de arroz irrigado avaliadas nos três ensaios no ano agrícola de 2007/2008.

Trat.	Variedade	Composição
01	Formoso	CNA (10891, 10894, 10899, 10902, 10904)
02	Diamante	CNA (10905, 10906)
03	CNA8502	CNA (10910, 10914, 10918, 10923, 10926, 10927)
04	Formoso + Diamante	CNA (10891, 10899, 10905, 10906)
05	Formoso + CNA8502	CNA (10891, 10894, 10899, 10914, 10926, 10927)
06	Diamante + CNA8502	CNA (10905, 10906, 10910, 10914)
07	Formoso + Diamante + CNA8502	CNA (10891, 10899, 10905, 10906, 10914, 10926)
8	Formoso	Testemunha
09	Diamante	Testemunha
10	CNA8502	Testemunha
11	EPAGRI 109	Testemunha

Obtenção dos isolados monospóricos

A produção dos isolados monospóricos se deu no laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal do Tocantins Campus de Gurupi. Cada amostra coletada deu origem a um isolado monospórico. Foram produzidos um total de 250 isolados monospóricos.

Para a produção dos isolados monospóricos, folhas e panículas com lesões esporulativas de brusone (sem esterilização), foram colocadas em placas de petri contendo guardanapo umedecido com água estéril, identificadas e acondicionadas em incubadora tipo B.O.D. com temperatura ajustada para 25°C por 24 horas, para possibilitar a esporulação do patógeno nas lesões. Com o auxílio de uma lupa e uma agulha entomológica foi realizada a transferência dos esporos para placas de Petri estéreis contendo meio de cultura Agar-água (15g de Agar para 1,0 litro de água, autoclavado a 120°C por 20 minutos) e espalhados na superfície com água estéril, sob condições assépticas. Em seguida, as placas foram identificadas, vedadas e armazenadas em incubadora tipo B.O.D. com temperatura ajustada para 25°C por 48 horas para possibilitar a germinação dos conídios no meio de cultura. Após a

germinação dos esporos, em câmara de fluxo laminar com auxílio de uma lupa, apenas um conídio germinado por placa de petri foi repicado com ajuda de um bisturi, sob condições assépticas e transferido para o meio de cultura BDA (250g batata, 20g dextrose e 15g Agar por litro de água, acrescido de 250mg de antibiótico (Ampicilina Anidra). Cada placa contendo um isolado monospórico foi identificada, vedada e armazenada em incubadora a 25°C para crescimento do fungo por um período de 10 a 14 dias.

Plantio das diferenciadoras

Para a identificação das raças fisiológicas utilizou-se a Série Internacional de diferenciadoras (SID), composta pelas variedades A - Raminad Str-3, B - Zenith, C - NP-125, D - Usen, E - Dular, F - Kanto 51, G - Sha-tiao-tsão e H - Caloro (LING e OU, 1969). As oito variedades da SID foram semeadas em bandejas plásticas, medindo 40 x 25 x 07cm, com 3,5 litros de substrato comercial Plantimax hortaliças HT (Eucatex agro) autoclavado, utilizando 12 sementes de cada diferenciadora por sulco. Após o plantio as bandejas foram mantidas em casa de vegetação climatizada com temperatura controlada para 26°C. A adubação de cobertura foi realizada aos 15 dias após a emergência utilizando-se 3 g de uréia por bandeja, com a finalidade de predispor as plantas ao ataque de *M. grisea*.

Produção de conídios e Inoculação

Simultaneamente à semeadura das diferenciadoras, iniciou-se no laboratório a multiplicação dos isolados monospóricos. Entre 10 a 14 dias de crescimento, o micélio superficial do isolado foi raspado com alça de platina estéril sob condições assépticas. Em seguida, as placas foram destampadas, cobertas com pano crepe e colocadas sob luz fluorescente contínua para estimular a conidiogênese por 48 horas. Após a produção de conídios, a solução de inóculo foi preparada retirando-se com água estéril e auxílio de um pincel macio seguida da filtragem da solução em gaze. A suspensão conidial foi quantificada em câmara de Neubauer e ajustada para a concentração de 3×10^5 conídios/ml. As plantas foram inoculadas por pulverização aos 25 dias após a emergência com 20 ml do inóculo por bandeja, utilizando-se um pulverizador manual. As plantas foram incubadas com ausência total de luz por 24 horas, a temperatura média de 25°C e umidade relativa acima de 95%, para manter

o molhamento ou orvalho nas folhas durante o processo de germinação e penetração na superfícies foliar pelo patógeno.

Avaliação das reações e identificação de raças

As avaliações de brusone nas diferenciadoras foram realizadas sete dias após a inoculação, por meio da análise visual do fenótipo da interação patógeno-hospedeiro, com base nas reações das oito diferenciadoras internacionais, utilizando a escala de 0 a 9 (Leung *et al.*, 1988).

A reação da planta foi considerada resistente quando recebeu notas de severidade menor ou igual a 3 e suscetível quando a nota foi igual ou superior a 4. Para essas avaliações, as plantas não foram consideradas individualmente e sim como população, avaliando-se a severidade de brusone na folha em 10 plantas por tratamento. Cada diferenciadora foi considerada suscetível ao apresentar mais de 30% das plantas com lesões em cada inoculação.

As raças foram identificadas com base nas reações de suscetibilidade das oito diferenciadoras internacionais, utilizando a chave de identificação de Ling & Ou, (1969), conforme Anexo 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 250 culturas monospóricas foram classificadas em 45 raças ou patótipos (Tabela 2). Maior número de patótipos foi encontrado no ensaio da Lagoa da Confusão, seguido pelo Projeto Formoso e UNITINS-Agro, no município de Formoso do Araguaia. Houve maior prevalência da raça IA-1, com ocorrência nos três ensaios e apresentando frequência de 24,8%. Este patótipo também mostrou-se mais frequente nos resultados obtidos em Minas Gerais por Cornélio *et al.* (2003), onde foi encontrada em 4 das 5 cultivares estudadas com 18,4% do total de raças identificadas.

Entre as dez raças mais prevalentes pode-se destacar em ordem decrescente: IA-1, IA-65, IA-33, IC-1, IA-9, IA-109, ID-1, ID-9, IA-41 e IA-97. Juntas, somaram 70,8% do total de 250 monospóricos avaliados. Além destes relacionados, também foram identificados outros 35 patótipos em menor frequência. Entre os municípios do Tocantins, o maior produtor atualmente é a Lagoa da Confusão com 29.200 ha, seguida de Formoso do Araguaia com 12.200 ha. Na área da Unitins-Agro são cultivados apenas 4.000 ha (SEAGRO-TO, 2008).

No ensaio da Lagoa da confusão, dentro da população composta por 95 isolados, foram identificadas 27 raças, onde 25,3% dos isolados pertencem ao patótipo IA-1. Em Formoso do Araguaia, no Projeto Formoso, foram identificadas um total de 26 raças, sendo prevalente o patótipo IA-65 (17,6%) dos 85 isolados. Na Unitins-agro, o patótipo IA-1 foi representado por 28 dos 70 isolados, correspondendo a 40,0% das 18 raças identificadas. Por outro lado, várias raças menos frequentes só foram encontradas em um dos ensaios. No experimento da Unitins-Agro que é uma região mais isolada e com menor número de variedades plantadas, apresentou apenas 18 raças.

Comparando-se esses resultados com os obtidos por outros pesquisadores em estudos realizados nos Estados de Minas Gerais, Goiás e Tocantins, destaca-se a raça IB-9, relatada em outros trabalhos como uma das mais freqüentes (CORNELIO, *et al.*, 2003; PRABHU *et al.*, 2002; FILIPPI *et al.*, 1999; FILIPPI & PRABHU, 2001) e nesse trabalho houve apenas uma ocorrência. Em outro estudo, realizado por Prabhu *et al.* (2002), com coletas em 9 lavouras comerciais nos municípios de Lagoa da Confusão e Dueré, em cultivares de arroz irrigado Epagri 108 e 109, o patótipo IB-45 foi predominante representado por 47 dos 53 isolados

correspondendo a 83%. No presente trabalho não foi detectado a presença desse patótipo nas regiões amostradas.

Tabela 2. Patótipos de *M. grisea* identificados de ensaios multilinhas e variedades compostas instaladas em Lagoa da Confusão (LC), Projeto Formoso (PF) e Estação experimental Unitins-Agro (UA), no ano agrícola de 2007/2008.

Raças	LC	PF	UA	Total	%	Raças	LC	PF	UA	Total	%
IA-1	24	10	28	62	24,8	IA-10			1	1	0,4
IA-65	6	15	7	28	11,2	IA-34		1		1	0,4
IA-33	6	8	2	16	6,4	IA-35	1			1	0,4
IC-1	6		8	14	5,6	IA-37	1			1	0,4
IA-9	3	4	5	12	4,8	IA-45		1		1	0,4
IA-109	4	6		10	4,0	IA-57		1		1	0,4
ID-1	2	6	2	10	4,0	IA-101	1			1	0,4
ID-9	7	2		9	3,6	IA-121		1		1	0,4
IA-41	2	4	2	8	3,2	IB-3	1			1	0,4
IA-97	2	5	1	8	3,2	IB-5		1		1	0,4
IB-1	6	1		7	2,8	IB-9		1		1	0,4
IA-73	3	2	1	6	2,4	IB-17		1		1	0,4
IB-41		4	2	6	2,4	IB-21	1			1	0,4
IE-1	2	4		6	2,4	IB-26	1			1	0,4
IA-13	2		2	4	1,6	IB-57		1		1	0,4
IA-105	3		1	4	1,6	IB-58			1	1	0,4
IF-1	4			4	1,6	IC-17	1			1	0,4
IB-33	1	1	1	3	1,2	ID-3			1	1	0,4
IA-77			3	3	1,2	ID-5		1		1	0,4
IA-3			2	2	0,8	ID-7		1		1	0,4
IC-9		2		2	0,8	IE-3		1		1	0,4
IC-13	2			2	0,8	IG-1	1			1	0,4
ID-15	2			2	0,8						
Total de raças identificadas							27	26	18	45	
Total de isolados monospóricos							95	85	70	250	

As raças determinadas nos três ensaios multilinha e variedades compostas estão distribuídas em sete dos nove grupos de raças possíveis para identificação através das diferenciadoras internacionais (ATKINS *et al.*, 1967) e conforme chave de identificação proposta por Ling & Ou, (1969). Na população do fungo *M. grisea* amostrada, encontrou-se uma grande variabilidade, com prevalência das raças do grupo IA (Tabela 3). No Rio Grande do Sul, Maciel *et al.* (2004), identificaram 31 raças em 85 isolados, sendo prevalente a raça IH-1 e a maioria das raças identificadas pertence ao grupo IA. Levantamentos realizados na América do Sul

verificaram que na Colômbia, o grupo predominante também é o IA (RIBEIRO & TERRES, 1987; MACIEL *et al.*, 2004). Prabhu *et al.* (2002), estudando a caracterização genética e fenotípica de isolados de *M. grisea* coletados em lavouras das cultivares Epagri 108 e 109, encontrou predominância do grupo IB em regiões de arroz irrigado no Estado do Tocantins. Em Santa Catarina, Miura *et al.* (1998), verificaram a prevalência de raças do grupo IG e a ocorrência de raças do grupo ID, IC, IE e II. A frequência das raças fisiológicas virulentas de *M. grisea*, nas cultivares melhoradas de arroz de terras altas, foi determinada durante o período de 1986 a 1988 por Prabhu e Filippi (1989), em 92 isolados monospóricos, provenientes de diferentes cultivares e locais, constatou-se a presença de 27 raças fisiológicas. As raças do grupo IB, principalmente IB-1, IB-9, IB-13 e IB-41, foram as predominantes.

Tabela 3. Grupos mostrando as raças de *M. grisea* identificadas nos três ensaios de multilinhas e variedades compostas de arroz no Estado do Tocantins, na safra 2007/2008.

Grupos da SID (I)								
A	B	C	D	E	F	G	H	I
IA-1	IB-1	IC-1	ID-1	IE-1	IF-1	IG-1	-	-
IA-3	IB-3	IC-9	ID-3	IE-3	-	-	-	-
IA-9	IB-5	IC-13	ID-5	-	-	-	-	-
IA-10	IB-9	IC-17	ID-7	-	-	-	-	-
IA-13	IB-17	-	ID-9	-	-	-	-	-
IA-33	IB-21	-	ID-15	-	-	-	-	-
IA-34	IB-26	-	-	-	-	-	-	-
IA-35	IB-33	-	-	-	-	-	-	-
IA-37	IB-41	-	-	-	-	-	-	-
IA-41	IB-57	-	-	-	-	-	-	-
IA-45	IB-58	-	-	-	-	-	-	-
IA-57	-	-	-	-	-	-	-	-
IA-65	-	-	-	-	-	-	-	-
IA-73	-	-	-	-	-	-	-	-
IA-77	-	-	-	-	-	-	-	-
IA-97	-	-	-	-	-	-	-	-
IA-101	-	-	-	-	-	-	-	-
IA-105	-	-	-	-	-	-	-	-
IA-109	-	-	-	-	-	-	-	-
IA-121	-	-	-	-	-	-	-	-
20 (128)	11 (64)	4 (32)	6 (16)	2 (8)	1 (4)	1 (2)	0 (1)	0 (1)

Pesquisas realizadas por Brondani *et al.* (2000), mostraram que isolados de fungos provenientes do Estado do Rio Grande do Sul foram predominantemente monomórficos nos locos microssatélites testados, indicando um baixo nível de

variabilidade genética dessas amostras, contudo, 7 alelos foram detectados pelo marcador MGM-1 no mesmo loco de 96 isolados provenientes de Formoso do Araguaia Estado do Tocantins. Esse polimorfismo encontrado no Tocantins demonstrou que pode haver alta variabilidade genética de *M. grisea* na região. Em trabalho realizado por Dias Neto *et al.* (2008), em lavouras comerciais do Tocantins, (municípios de Lagoa da Confusão, Formoso do Araguaia e Dueré) e em Goiás (Luiz Alves), também foi encontrada alta variabilidade de *M. grisea*, explicando a rápida quebra de resistência das cultivares plantadas naquelas regiões.

Em Minas Gerais, Cornelio *et al.* (2003), identificaram 14 raças utilizando 138 isolados monospóricos, provenientes de 23 amostras, onde as raças IA-9, IA-1, IB-9 e IC-9 ocorreram com maior frequência.

Filippi *et al.* (1999), estudando a compatibilidade diferencial de isolados de *M. grisea* em algumas cultivares de arroz irrigadas, identificaram sete raças entre os 24 isolados testados, sendo predominante a raça IB-9, que foi detectada em oito das onze cultivares. Em outro trabalho, Prabhu *et al.* (1990) verificaram em 12 isolados de *M. grisea* oriundos de arroz de terras altas que oito pertencem à raça IB-9 e os demais às raças IB-1, IB-41, IC-10 e IA-9. Mais tarde, trabalhos realizados em arroz de terras altas, Filippi e Prabhu (2001), estudando virulência fenotípica de *M. grisea*, identificaram 16 raças fisiológicas provenientes de 71 isolados monospóricos, das quais as predominantes foram a IB-9 e IB-41 e verificaram ainda que os isolados da raça IB-9 exibiram padrão similar de virulência. Estes mesmos autores avaliaram a diversidade de raças de 85 isolados de *M. grisea* coletados durante um período de cinco anos em 14 cultivares de arroz de terras altas e identificaram 11 patótipos, e desses, os predominantes foram IB-9 (56,4%), IB-1 (16,4%) e IB-41(11,8%). No Mato Grosso, Cassetari Neto (1996), identificou em 11 isolados de *M. grisea* a presença das raças do grupo IB (IB-41, IB-61, IB-62).

Garrido (2001), analisando a estrutura de populações de *M. grisea*, de 92 isolados coletados em áreas de 1 ha distribuídas em lavouras comerciais de arroz irrigado em Formoso do Araguaia e na Lagoa da Confusão, TO, identificou onze raças do patógeno, sendo as mais comuns, a II-1, IG-2 e IA-61.

No presente trabalho, as 45 raças de *M. grisea* identificadas nos três ensaios, as que ocorreram com maior frequência foram IA-1, IA-65 e IA-33. Esses resultados mostraram que pode existir uma forte pressão de seleção para alguns patótipos, dependendo da resistência da cultivar recomendada. Além disso, fica evidente que

em ensaios com grande diversidade de genes de resistência, como é o caso de multilinhas e variedades compostas, também podem existir diversos patótipos nos locais capazes de colonizar as plantas, porém algumas delas em baixa frequência.

Os resultados obtidos no Estado do Tocantins mostraram que existe nas regiões produtoras de arroz irrigado uma grande diversidade de raças de *M. grisea*. Este fato explica a rápida quebra de resistência das cultivares em 2 a 3 anos (RANGEL, *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2003; FILIPPI & PRABHU, 2001).

O conhecimento de raças que ocorrem em uma determinada região é de grande importância sob o ponto de vista prático, pois permite desenvolver um programa mais eficiente de melhoramento visando resistência, de modo que, conhecendo-se as diferentes raças nos diversos municípios e a resistência das cultivares às respectivas raças fisiológicas do patógeno, é possível mapear quais cultivares poderão ser recomendadas para o cultivo nesses locais.

LITERATURA CITADA

- ATKINS, J. G.; ROBERT, A. L.; ADAIR, C. R.; GOTO, K.; KOZAKA, T.; YANAGITA, R.; YAMADA, M.; MATSUMOTO, S. An international set of rice varieties for differentiating races of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 57, p. 297-301, 1967.
- BEDENDO, I. P.; RIBEIRO, A. S.; CARDOSO, C. O. N. Variabilidade do fungo *Pyricularia oryzae* cav. agente da brusone no arroz. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 5, n. 2, p. 106-109, 1979.
- BRONDANI, C.; BRONDANI, R. P. V.; GARRIDO, L. R.; FERREIRA, M. E. Development of microsatellite markers for the genetic analysis of *Magnaporthe grisea*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 4, p. 753-762, 2000.
- BROWNING, J. A. & FREY, K. J. The multililine concept in theory and practice. In: JENKYN, J. F. And PLUMB, R. T. (ed). **Strategies for the control of cereal disease**. Oxford: Blaekwell. P.37-46, 1981.
- CASSETARI NETO, D. **Brusone (*Pyricularia grisea* Sacc) em arroz de sequeiro no estado de Mato Grosso: I – Identificação de raças fisiológicas, II – Influência do nitrogênio, fósforo e potássio na infecção do patógeno**. 1996. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- CORNELIO, V. M. O.; SOARES, A.A.; BUENO FILHO, J. S. S.; SOARES, P. C. Identificação de raças fisiológicas de *Pyricularia grisea* em arroz no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. V.27, n.5, p.1016-1022, 2003.
- DIAS NETO, J. J.; SANTOS, G. R.; SILVA, L. M. A.; RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E.; CUNHA, A. C. F.; CANJÃO, E. R, CASTRO NETO, M. D. Identificação de raças fisiológicas de *Pyricularia grisea* em arroz no Estado do Tocantins. **Tropical Plant Pathology**, v. 33 (suplemento), p.186, 2008.
- FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S. Phenotypic virulence analysis of *Pyricularia grisea* isolates from Brazilian upland rice cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 27-35, 2001.
- FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S.; LEVY, M. Differential Compatibility of *Pyricularia grisea* isolates with some Brazilian irrigated rice cultivars. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 447-450, 1999.
- GARRIDO, L. R. 2001. **Identificação, desenvolvimento e uso de marcadores de regiões hipervariáveis do genoma de *Magnaporthe grisea* na análise da estrutura de populações do patógeno infectando plantações de arroz (*Oryza sativa*)**. Brasília: Universidade de Brasília. 193 p. (Tese de Doutorado).
- LEUNG, H.; BORROMEO, E. S.; BERNARDO, M. A.; NOTTENGHEN, J. L. Genetic analysis of virulence in the rice blast fungus *Magnaporthe grisea*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 78, n. 9, p. 1227-1233, 1988.

LEVY, M., CORREA-VICTORIA, F.S., ZEIGLER, R.S., XU, S. & HAMER, J.E. Genetic diversity of the rice blast fungus in a disease nursery in Colombia. **Phytopathology** 83:1427-1433. 1993.

LING, K. C. & OU, S. H. Standardization of the International Race Numbers of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, St. Paul, V. 59, N. 3, P. 339-342, 1969.

MACIEL, J. L. N.; RODRIGUES, P. C. S.; GOMES, P. A.; MORAES, M. G. Análise de Variabilidade Genética de duas Cultivares Raminad Str. 3 utilizadas como Diferenciadoras de Raças de *Pyricularia grisea*. **Fitopatologia brasileira**, Brasília, v. 29, n. 6, p. 631-637, 2004.

MIURA, L.; THEODORO, G. F.; TSCHOEKE, P. H. Determinação de raças de *Pyricularia grisea* isoladas de arroz irrigado no Estado de Santa Catarina. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 24, n. 1, p. 113, 1998. Resumos.

OU, S. H. **Rice diseases**. 3. ed. Kew: Commonwealth, Mycological Institute, 1987. 368 p.

PINHO, B. R. B.; SANTOS, G. R.; DIAS NETO, J. J.; RANGEL, P. H. N.; SILVA, L. M. A.; CASTRO NETO, M. D.; CANJÃO, E. R. Avaliação de genótipos de arroz sob condições de várzeas no sul do Estado do Tocantins. **Tropical Plant Pathology**, v. 33 (suplemento), p.208, 2008.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. As raças fisiológicas de *Pyricularia oryzae* virulentas nas cultivares melhoradas de arroz de sequeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 140, 1989.

PRABHU, A. S. & FILIPPI, M. C. C. **Brusone em arroz: controle genético, progresso e perspectivas**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás-GO, 2006, 388 p.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; ARAUJO, L. G.; FARIA, J. C. Genetic and phenotypic characterization of isolates of *Pyricularia grisea* from the rice cultivars Epagri 108 and 109 in the State of Tocantins. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 6, p. 566-573, 2002.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; ARAUJO, L. C. Cultivares diferenciadoras de arroz de terras altas para identificação de patótipos brasileiros de *Pyricularia grisea*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 369, 2001. Suplemento.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; CASTRO, N. Variabilidade patogênica entre isolados de *Pyricularia oryzae* provenientes de arroz, trigo e capins. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 4., 1990, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA CNPAF, 1990. 125 p.

RANGEL, P. H. N.; SOARES, D. M.; MORAIS, O. P.; CUTRIM, V. A. DINIZ, J. A.; FONSECA, J. R. BRS Alvorada and BRSGO Guará - Irrigated Rice Cultivars for the States Goiás and Tocantins. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 6, p. 319-322, 2006.

RIBEIRO, A. S. & TERRES, A. L. S. Variabilidade do fungo *Pyricularia oryzae* e sua relação com cultivares resistentes à brusone. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* v. 12, p. 316-321, 1987.

SANTOS, G. R.; SILVA, L. M. A.; DIAS NETO, J. J.; RANGEL, P. H. N.; FERREIRA M. E.; CANJÃO, E. R.; CUNHA, A. C. F.; CASTRO NETO, M. D. Esporulação de *Pyricularia grisea* do arroz em culturas com diferentes idades. **Tropical Plant Pathology**, v. 33 (suplemento), p.183, 2008.

SANTOS, G. R.; KORNDORFER, G. H.; PRABU, A. S. Eficiência do silício combinado com nitrogênio e tratamento de sementes no controle de doenças do arroz irrigado por inundação. **Biosci J.**, Uberlândia, v. 19, n.3, p. 43-49, 2003.

SEAGRO-TO: Secretaria da Agricultura do Estado do Tocantins. **Mapa do Arroz no Tocantins, Safra 2007/2008**. Disponível www.seagro.to.gov.br. Acesso em 24/09/2008.

SILVA, L. M. A.; SANTOS, G. R.; DIAS NETO, J. J. RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E.; CUNHA, A. C. F.; CANJÃO, E. R.; CASTRO NETO, M. D. Identificação de raças de *Pyricularia grisea* em multilinhas e variedades compostas de arroz irrigado no Estado do Tocantins. **Tropical Plant Pathology**, v. 33 (suplemento), p.233, 2008a.

SILVA, L. M. A.; SANTOS, G. R.; DIAS NETO, J. J. RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E.; CANJÃO, E. R.; CUNHA, A. C. F.; CASTRO NETO, M. D. Severidade de *Pyricularia grisea* em multilinhas e variedades compostas no Sul do Estado do Tocantins. **Tropical Plant Pathology**, v. 33 (suplemento), p.233, 2008b.

WU, B. C.; LATTERELL, F. M. Pathogenic variation in single conidial isolates of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 76, n. 10, p. 1093, Abstract 287, 1986.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICA, FITOPATOLÓGICAS E DE QUALIDADE DE GRÃOS NA SELEÇÃO DE LINHAGENS VISANDO A OBTENÇÃO DE MULTILINHAS E VARIEDADES COMPOSTAS DE ARROZ IRRIGADO PARA A REGIÃO CENTRAL DO BRASIL

RESUMO

Os ensaios foram realizados em duas etapas, constituídos de experimentos de campo para avaliação das características agronômicas e fitopatológicas e experimentos em laboratório com o objetivo de avaliar a virulência dos 10 patótipos prevalentes e posterior confecção de multilinhas e variedades compostas. Os ensaios de campo foram conduzidos em Goiás (Goianira e Flores de Goiás) e Tocantins (Projeto Formoso e Unitins-Agro em Formoso do Araguaia) e na Lagoa da Confusão, na Fazenda São Francisco. Foram constituídos por 29 genótipos, plantados nas safras 2006/07 e 2007/08. Avaliou-se a severidade de raças de *M. grisea* em 34 genótipos de arroz irrigado, em casa de vegetação climatizada. A virulência foi determinada utilizando-se escala visual de notas de 0 a 9. As linhagens CNA 10901, CNA 10902 e CNA 10903 apresentaram as maiores produtividades médias nos dois anos agrícolas, 7.005, 6.404 e 6.483 kg ha⁻¹, respectivamente e nos testes de virulência às raças prevalentes de *Magnaporthe grisea*, apresentaram reação de suscetibilidade apenas para a raça IC-1. No experimento de laboratório, apenas os genótipos Oryzica Llanos 4 e Oryzica 1 foram resistentes a todas as raças inoculadas. Por outro lado, a linhagem CNA 10927 foi suscetível à todas as raças de *M. grisea*. Baseado em dados de virulência do patógeno, produtividade, cocção e ciclo fenológico, foi realizado a composição de 17 multilinhas e variedades compostas, os quais no seu conjunto, conferem resistência a todas as 10 raças prevalentes nos locais amostrados.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, *Pyricularia grisea*, brusone, linhagens isogênicas.

EVALUATION OF AGRONOMIC, PHYTOPATHOLOGIC CHARACTERS AND GRAIN QUALITY ON THE SELECTION OF LINES FOR MULTILINES AND VARIETIES MIXTURE OF IRRIGATED RICE AT THE REGION OF CENTRAL BRAZIL

ABSTRACT

This work was carried out in two periods: a field experiment to evaluate the agronomic and phytopathology characters and a laboratory experiment to evaluate the virulence of ten most prevalent races previously identified. These studies were carried out aiming to generate multilines and varieties mixture. The field experiments were conducted at the state of Goiás (Goianira and Flores de Goiás) and the state of Tocantins (Formoso do Araguaia: Projeto Formoso and Unitins-Agro; Lagoa da Confusão: Fazenda São Francisco). The experiments were constituted of 29 treatments planting at 2006/07 and 2007/08 crop year. In the Phytopathology Laboratory, the severity of *M. grisea* races was evaluated in 35 genotypes on irrigated rice. This experiment was conducted under greenhouse conditions. The virulence was determined according to a grade scale ranging from 0 to 9. The results showed that only the genotypes Oryzica Llanos 4 and Oryzica 1 were resistant to all races inoculated. In contrast, the line CNA 10927 was susceptible to all *M. grisea* races. The lines CNA 10901, CNA 10902 and CNA 10903 presented the higher average productivity in both years (7,005, 6,404 and 6,483 kg.ha⁻¹, respectively) as well as good results on the virulence tests to prevalence races of *M. grisea*, because these lines presented susceptibility reaction only to race IC-1. The following dates were used to suggest the composition of 20 multilines and varieties mixture: virulence of the pathogen, productivity, cooking and phenological cycle of tested lines. This composition presented, in your characters grouping, resistance to all ten races prevalent at the sample sites.

Keywords: *Oryza sativa*, *Pyricularia grisea*, blast, Isogenic lines.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais cultivados e o principal alimento energético de mais de metade da população mundial. É uma cultura extremamente versátil, que se adapta a diferentes condições de solo e clima e apresenta bom potencial para aumento de produção no combate à fome do mundo (GOMES & MAGALHÃES, 2004). Vários fatores podem afetar a lavoura de arroz, entre eles, as doenças são motivos de grande preocupação para os produtores, pois diminuem a produtividade e afetam a qualidade dos grãos.

A variabilidade genética vem sendo reduzida em função da base genética estreita, associada à práticas culturais modernas e aos cultivos sucessivos, tem aumentado a vulnerabilidade genética da cultura do arroz, principalmente à incidência de pragas e doenças (RODRIGUES & ANDO, 2002). Embora exista uma série de fatores que podem favorecer a ocorrência da brusone, a pouca disponibilidade de cultivares resistentes aumenta as possibilidades de epidemias e de incremento dos prejuízos causados pela doença.

Segundo Rangel (2006), os programas de melhoramento genético de arroz não têm sido eficazes no desenvolvimento de cultivares com resistência estável ao principal fungo que ataca a cultura, *Magnaporthe grisea*. A quebra da resistência à brusone nas cultivares de arroz irrigado recentemente lançadas no Centro-Oeste e Norte do Brasil vem ocorrendo muito precocemente, geralmente após um a dois anos de cultivo. Isto é muito preocupante, visto que o investimento de tempo, de recursos financeiros e de recursos humanos no desenvolvimento de uma nova cultivar é alto, geralmente necessitando de oito a dez anos de pesquisa, envolvendo milhões de reais, e dezenas de pesquisadores e técnicos. A doença constitui-se, portanto, em um dos mais importantes fatores limitantes ao plantio do arroz no Brasil. Para o agricultor, uma epidemia de brusone no campo onera os custos de produção de grãos em cerca de 39% e provoca significativas perdas de produtividade e qualidade do produto (SANTOS *et al.*, 2003).

A Embrapa Arroz e Feijão, através de uma parceria com a Universidade Federal do Tocantins, está desenvolvendo o projeto de pesquisa “Mapeamento genético e piramidização de genes de resistência no desenvolvimento de multilinhas e cultivares compostas de arroz irrigado com resistência estável à brusone”. Para isso está utilizando materiais genéticos avançados denominados multilinhas

(famílias RC3) desenvolvidas pela EMBRAPA num programa de retrocruzamento com diferentes genes de resistência à brusone em linhagens elite de arroz. Este projeto apresenta uma estratégia de pirimidização indireta de diferentes alelos da família gênica Pi em linhagens, visando propiciar resistência estável à doença. A hipótese de trabalho é que a mistura de linhagens quase-isogênicas de arroz que possuem diferentes genes de resistência à brusone conferirá maior estabilidade de resistência no campo à população de isolados do patógeno. A premissa básica do projeto é que cultivares com genes de resistência introgridos de diferentes fontes de resistência (alelos Pi distintos em locos distintos) dificultará a quebra de resistência no processo de co-evolução planta-patógeno, conferindo maior longevidade às cultivares resistentes. Isto poderia ser obtido, por exemplo, pela introgressão simultânea de diferentes alelos da família Pi em uma mesma cultivar (“cultivar composta”) utilizando marcadores ligados aos genes de resistência (RANGEL, 2006).

O fungo *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc (*Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr) é o agente causal da brusone do arroz (*Oryza sativa*), que é considerada a doença mais importante da cultura, causando perdas significativas no rendimento das cultivares suscetíveis, principalmente quando as condições ambientais são favoráveis ao seu desenvolvimento (CORNELIO *et al.*, 2003). As variações em patogenicidade não são encontradas somente em diferentes isolados, mas também em culturas monospóricas, em conídios de uma única lesão e mesmo em extremidades de hifas de única célula de conídio (OU, 1987).

Atualmente, as doenças estão sendo manejadas através do uso de cultivares resistentes e fungicidas. Entretanto, no Estado do Tocantins, a resistência é quebrada logo após o lançamento das cultivares. Os gastos com defensivos utilizados no controle de doenças, pragas e plantas daninhas podem representar até 39% do custo total da produção (SANTOS *et al.*, 2003).

A resistência à brusone constitui o principal componente no manejo desta doença. Segundo Ou (1980), a quebra frequente da resistência nas cultivares comerciais é atribuída à alta variabilidade patogênica do fungo. Aliado a isto, há o perigo da vulnerabilidade genética, devido ao plantio de uma única cultivar em uma extensa área, sujeita a maior pressão de doenças e pragas (SANTOS *et al.*, 2002). Apesar dessa resistência ser condicionada por um ou dois genes dominantes, a obtenção de cultivares resistentes por muito tempo é dificultada devido ao fungo ser

altamente variável e existirem numerosas raças fisiológicas do patógeno (RANGEL *et al.*, 2006).

A principal medida de controle é o uso de cultivares com resistência vertical. Esse tipo de resistência é governada por um ou poucos genes que facilmente pode ser quebrada pelo patógeno. Devido à alta variabilidade do fungo (*M. grisea*) e as condições ambientais favoráveis à doença, cultivares com resistência vertical deixam de ser efetivas em menos de três anos, nas condições do Estado do Tocantins (SANTOS *et al.*, 2002).

O agente causal da brusone é composto de patótipos, ou raças fisiológicas, com características de virulência distintas. As maiorias dos estudos conduzidos no Brasil e em outros países concentraram-se na determinação e composição de raças, na sua frequência de ocorrência e na sua compatibilidade com genes de resistência conhecidos. A diversidade patogênica é geralmente alta em campos experimentais e nos locais de testes de seleção para melhoramento de cultivares (FILIPPI *et al.*, 1999).

De acordo com Levy *et al.* (1993), as prováveis causas para que os genótipos tornem-se suscetíveis à doença é a ocorrência de trocas genéticas no patógeno gerando formas diferentes de virulência ou o aumento da frequência de patótipos do fungo de ocorrência rara. Pesquisas realizadas por Brondani *et al.* (2000), mostraram que isolados de fungos provenientes do Estado do Tocantins foram predominantemente polimórficos nos locos microssatélites testados, indicando um alto nível de variabilidade genética no mesmo loco em 96 isolados.

A resistência tem sido definida de diferentes formas. Robinson (1969), definiu resistência como a capacidade do hospedeiro em impedir o desenvolvimento do patógeno ou agente causal da doença. De acordo com Russell (1978), a resistência é qualquer característica herdada do hospedeiro que reduz o efeito do patógeno, ou seja, as plantas resistentes são menos afetadas do que as plantas suscetíveis. A resistência, em geral, é uma resposta do hospedeiro ao patógeno durante o processo de colonização intracelular. Os mecanismos de defesa da planta preexistentes previnem o patógeno da penetração ou previnem o desenvolvimento após a penetração. Vander Plank (1963), definiu dois tipos de resistência em termos epidemiológicos: resistência vertical (RV) e resistência horizontal (RH).

Conforme Bergamin Filho *et al.* (1995), a resistência que apresenta efetividade contra algumas raças do patógeno, mas não contra outras, é conhecida

como resistência vertical que também é chamada por alguns autores de resistência qualitativa ou monogênica, devido a fácil visualização entre plantas resistentes e suscetíveis.

Multilinha é uma mistura de linhagens genotipicamente idênticas (linhagens quase isogênicas), mas que diferem uma da outra somente quanto ao gene de resistência, a uma determinada raça de um patógeno, que elas carregam (BROWNING & FREY, 1981). No caso da brusone, a utilização de multilinhas faria com que, no campo, houvesse linhagens resistentes a diferentes raças de *M. grisea*, já que cada linhagem seria resistente a uma ou mais raças, e dessa forma, a infecção desse patógeno não seria tão eficiente.

Variedades Compostas é a mistura de duas ou mais cultivares portadoras de genes de resistência à brusone diferentes e complementares, de modo que em conjunto condicionam resistência a várias raças do patógeno (RANGEL, 2006).

Segundo Silva *et al.* (2008), multilinhas e variedades compostas podem controlar um espectro maior de raças em uma população patogênica. Sua utilização no campo leva a resistência a diferentes raças do patógeno, aumentando a competição e limitando a dominância de raças virulentas.

O uso de multilinhas em arroz têm sido proposto no Japão para evitar a quebra da resistência à brusone (KOIZUMI, 2001). No Brasil, na cultura do arroz irrigado, o uso de multilinha ainda não tem sido empregado devido a dificuldade que envolve a sua obtenção. Assim, o presente trabalho propõe um estudo inédito no Brasil que envolve o conhecimento das relações patógeno-hospedeiro.

Linhas isogênicas de arroz têm sido muito utilizadas para determinação do espectro de virulência da população do patógeno devido, principalmente, à presença de um único alelo de resistência conhecido em cada um desses genótipos (INUKAI *et al.*, 1994). A reação de linhas isogênicas também tem tornado possível determinar quais são os alelos de resistência mais eficazes, de diferentes genes, para controlar a doença no local onde os isolados monospóricos do patógeno foram obtidos (CHEN *et al.*, 1995; MEKWATANARKARN *et al.*, 2000; FILIPPI & PRABHU, 2001).

Para o desenvolvimento de multilinhas de arroz visando a maior durabilidade da resistência à brusone, é imprescindível que inicialmente seja conhecida a diversidade e prevalência das raças fisiológicas nas regiões onde as cultivares estão sendo plantadas. Como a população do patógeno é altamente variável e dinâmica, faz-se necessário, além da criação de linhagens quase isogênica, uma amostragem

e identificação das raças mais prevalentes para que os genes empregados nas novas cultivares sejam eficazes na conferência de resistência às principais raças do patógeno.

Qualidade de grãos

No melhoramento genético do arroz, as características do grão são prioritárias no processo de seleção das plantas, dada a sua importância na definição de lançamentos de novas cultivares para plantio comercial. Segundo Luz & Treptow (1998), até recentemente a qualidade do arroz era julgada somente com base na qualidade de engenho, como rendimento, brancura e pureza. Entretanto, uma variedade pode ser produtiva, possuir grãos longos e ser completamente rejeitada para uso culinário e de processamento. Isto evidencia que também há necessidade de desenvolver e produzir variedades com características compatíveis com o processamento e a culinária, pois são exigências do consumidor.

No Brasil, sobretudo nos grandes centros urbanos, a preferência tem sido pelo arroz de grãos longos e finos (popularmente conhecido como agulhinha), que se avoluma na panela e permanece solto e macio depois do cozimento. Portanto, o aspecto qualidade de grão, conferido por características como grãos longos e finos, alta porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento, translucidez do endosperma, teor de amilose intermediário a alto e temperatura de gelatinização intermediária a baixa, tende a assumir cada vez mais relevância nos programas de melhoramento genético do arroz, podendo variar em função da cultivar, ambiente e processos de pós-colheita. O rendimento de engenho é uma característica correlacionada com o tamanho e forma dos grãos, sendo altamente influenciada por fatores, como atraso na colheita, alta temperatura e pouca umidade durante a fase de maturação, e com os processos de pós-colheita, como secagem e armazenamento. Via de regra, após um período de armazenamento de quatro meses, o arroz apresenta o máximo rendimento de grãos inteiros, não interessando ao melhoramento seleção de cultivares com rendimento de grãos inteiros inferior a 50% (PEREIRA & RANGEL, 2001).

Amilose é uma das duas frações que compõem o amido (a outra é a amilopectina), sendo o principal determinante das características culinárias do arroz. Pode variar de 1% a 37% (JENNINGS *et al.*, 1985). As cultivares classificam-se em de baixo teor (< 20%), intermediário teor (20% a 25%) e alto teor (> 25%), segundo

alguns autores (KUMAR & KHUSH, 1987; CHANDLER, 1984). Assim, cultivares com baixo teor de amilose apresentam grãos aquosos e pegajosos no cozimento; com alto teor, apresentam grãos secos, soltos e mais duros, e com teor intermediário (o preferido pelo consumidor brasileiro) possuem grãos enxutos, soltos e macios.

Outra característica também importante numa cultivar de arroz diz respeito à temperatura de gelatinização, que é a propriedade do amido que determina o tempo necessário para o cozimento. Ela é medida pela temperatura na qual 90% dos grânulos de amido são gelatinizados ou inchados irreversivelmente na água quente, podendo variar de 55°C a 79°C. Sua avaliação é feita obedecendo a uma escala de dispersão alcalina de 1 a 7, que corresponde às temperaturas de gelatinização: 1-2 = 75°C a 79°C (alta); 3-5 = 70°C a 74°C (intermediária) e 6-7 = 55°C a 69°C (baixa) (GUIMARÃES, 1989; KUMAR *et al.*, 1994). Quando uma cultivar de arroz apresenta alta temperatura de gelatinização, isso significa que os seus grãos requerem mais água e tempo para cozinhar, ao passo que temperaturas intermediária (a desejada nacionalmente) e baixa, a temperatura de gelatinização requer menos tempo e água para o cozimento (PEREIRA & RANGEL, 2001).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar características agrônômicas, fitopatológicas e qualidade de grãos de linhagens da família RC3 resistentes à diferentes raças de *M. grisea*, com qualidade superior de grãos, para posterior incorporação aos sistemas produtivos do arroz irrigado na região central do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram desenvolvidos no período de Outubro de 2006 a Junho de 2008, através de uma parceria entre Universidade Federal do Tocantins e EMBRAPA Arroz e Feijão, utilizando-se linhagens desenvolvidas pela EMBRAPA Arroz e Feijão, num programa de retrocruzamento com diferentes genes de resistência à brusone em linhagens elite de arroz.

Os genes de resistência à brusone ainda não são conhecidos, está sendo realizado a genotipagem de plantas na EMBRAPA-CENARGEN para identificação e espera-se que os trabalhos sejam concluídos até o primeiro semestre de 2009.

Ensaio I: Avaliação das características agrônômicas e fitopatológicas no campo

A pesquisa foi realizada em cinco ambientes de Goiás e Tocantins, na safra 2006/07 e quatro ambientes na safra 2007/08. Nos dois anos agrícolas foram analisados material genético avançado (famílias RC3) obtido em programa de melhoramento genético da Embrapa Arroz e Feijão.

O ensaio foi constituído por 29 genótipos (Tabela 1), nas safras de 2006/07 e 2007/08, sendo 25 linhagens resistentes mais quatro testemunhas (Diamante, CNA 8502, BRS Formoso e Metica 1), no delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições. A parcela foi formada por oito fileiras de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 25 cm, com densidade de semeadura de 100 sementes por metro linear de sulco. A área útil foi representada pelas duas fileiras centrais, eliminando-se 50 cm em cada extremidade.

O ensaio foi conduzido em Goiás (Goianira e Flores de Goiás) e no Tocantins na Lagoa da Confusão na Fazenda São Francisco e Formoso do Araguaia no Projeto Formoso e Unitins-Agro. Na adubação de plantio, foram utilizados 500 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15 e em cobertura utilizou-se 200 kg ha⁻¹ de uréia parcelado aos 25 e 55 dias após o plantio. As plantas daninhas foram controladas com o emprego do herbicida Ozadiazon (Ronstar) em pré-emergência e Bispyribac-sódio (Nominee) em pós-emergência. A partir de 30 dias manteve-se uma lâmina d'água de 10 a 20 cm permanecendo até 20 dias depois da floração.

Foram coletados dados de produtividade de grãos, floração, altura média de plantas, rendimento de engenho (grãos inteiros e total), qualidade de grãos (centro

branco, teor de amilose, temperatura de gelatinização, coesividade, textura, rendimento, tempo de cozimento (minutos), notas de comprimento e largura dos grãos), cujas análises foram feitas no Laboratório de Tecnologia de Grãos da EMBRAPA Arroz e Feijão, em Goiás.

Para adaptação às condições brasileiras, visando à obtenção do padrão nacional, foi adotada neste trabalho, a seguinte classificação: para teor de amilose (alto: de 28 a 35%; intermediário: de 23 a 27% e baixo: <23%) e para temperatura de gelatinização (alta: de 1 a 3; intermediária: de 4 a 5 e baixa: de 6 a 7 (PEREIRA & RANGEL, 2001).

Tabela 1. Linhagens de arroz avaliadas para resistência à brusone em ensaios conduzidos nos Estados de Goiás e Tocantins, safras 2006/2007 e 2007/2008.

TRAT	LINHAGEM	GENEALOGIA	CRUZAMENTO
1	DIAMANTE	DIAMANTE	TESTEMUNHA
2	CNA 8502	CNA 8502	TESTEMUNHA
3	FORMOSO	FORMOSO	TESTEMUNHA
4	METICA 1	METICA 1	TESTEMUNHA
5	CNA10889	CNAx 10819RC3-7-1-1-B	FORMOSO/CNAi 9022////FORMOSO
6	CNA10891	CNAx 10823RC3-11-2-1-B	FORMOSO/CNAi 9022////FORMOSO
7	CNA10893	CNAx 10845RC3-33-1-2-B	FORMOSO/CNAi 9022////FORMOSO
8	CNA10894	CNAx 10871RC3-2-2-1-B	FORMOSO/ORYZICA LIANOS 4////FORMOSO
9	CNA10895	CNAx 10871RC3-2-2-2-B	FORMOSO/ORYZICA LIANOS 4////FORMOSO
10	CNA10896	CNAx 10874RC3-5-2-1-B	FORMOSO/ORYZICA LIANOS 4////FORMOSO
11	CNA10897	CNAx 10888RC3-6-2-1-B	FORMOSO/ORYZICA LIANOS 5////FORMOSO
12	CNA10898	CNAx 10892RC3-10-2-2	FORMOSO/ORYZICA LIANOS 5////FORMOSO
13	CNA10899	CNAx 10892RC3-10-2-3-B	FORMOSO/ORYZICA LIANOS 5////FORMOSO
14	CNA10901	CNAx 10895RC3-13-1-3-B	FORMOSO/ORYZICA LIANOS 5////FORMOSO
15	CNA10902	CNAx 10904RC3-9-1-2-B	FORMOSO/ORYZICA 1////FORMOSO
16	CNA10903	CNAx 10913RC3-6-2-1-B	FORMOSO/5287////FORMOSO
17	CNA10904	CNAx 10914RC3-7-1-2-B	FORMOSO/5287////FORMOSO
18	CNA10905	CNAx 11039RC3-2-2-1-B	DIAMANTE/ORYZICA LIANOS 4////DIAMANTE
19	CNA10906	CNAx 11078RC3-12-4-1-B	DIAMANTE/5287////DIAMANTE
20	CNA10910	CNAx 11086RC3-4-3-3-B	CNA 8502/CNAi 9022////CNA 8502
21	CNA10911	CNAx 11086RC3-4-5-1-B	CNA 8502/CNAi 9022////CNA 8502
22	CNA10913	CNAx 11098RC3-16-4-2-B	CNA 8502/CNAi 9022////CNA 8502
23	CNA10914	CNAx 11107RC3-6-3-1-B	CNA 8502/CNAi 9029////CNA 8502
24	CNA10916	CNAx 11107RC3-6-3-3-B	CNA 8502/CNAi 9029////CNA 8502
25	CNA10918	CNAx 11119RC3-1-2-2-B	CNA 8502/ORYZICA LIANOS 4////CNA 8502
26	CNA10921	CNAx 11120RC3-2-2-1-B	CNA 8502/ORYZICA LIANOS 4////CNA 8502
27	CNA10923	CNAx 11127RC3-2-2-2-B	CNA 8502/ORYZICA LIANOS 5////CNA 8502
28	CNA10924	CNAx 11133RC3-8-4-2-B	CNA 8502/ORYZICA LIANOS 5////CNA 8502
29	CNA10926	CNAx 11137RC3-3-2-1	CNA 8502/ORYZICA 1////CNA 8502
30	CNA10927	CNAx 11159RC3-11-1-2-B	CNA 8502/5287////CNA 8502

Ensaio II: Avaliação de virulência de raças de *M. grisea* em condições de laboratório

O ensaio foi constituído por 34 genótipos, sendo 25 linhagens resistentes, quatro testemunhas (Diamante, CNA 8502, BRS Formoso e Metica 1) e cinco fontes de resistência à brusone (CNAi 9022, Oryzica Llanos 5, Oryzica Llanos 4, Oryzica 1 e 5287).

Foram avaliadas as 10 raças de *M. grisea* mais prevalentes, nas safras 2006/2007 e 2007/2008, anteriormente identificadas (DIAS NETO *et al.*, 2008), oriundas de isolados monospóricos de *M. grisea* obtidos de folhas e panículas de coletas em lavouras comerciais e áreas experimentais localizadas nos municípios de Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão e Dueré no Estado do Tocantins, Luiz Alves, no Estado de Goiás e Paragominas, no Estado do Pará. As raças utilizadas foram: IA-1, IC-1, ID-1, IA-65, ID-9, IB-1, IA-33, IA-41, IA-9 e IB-41.

Plantio

As linhagens foram semeadas em bandejas plásticas medindo 40x25x7cm, com 3,5 litros de substrato comercial Plantimax hortaliças HT (Eucatex agro) autoclavado. Utilizou-se 12 sementes de cada variedade por sulco e 8 linhagens por bandeja, com 4 repetições. As plântulas cresceram em casa-de-vegetação climatizada com temperatura controlada para 26°C. Uma adubação de cobertura foi realizada aos 15 dias após a emergência, utilizando-se 3g de uréia por bandeja, com a finalidade de predispor as plantas ao ataque de *M. grisea*.

Obtenção dos isolados monospóricos

Iniciou-se no laboratório o preparo dos isolados monospóricos, onde as dez raças mais prevalentes foram repicadas em câmara de fluxo laminar com auxílio de lupa sob condições assépticas e transferidas para o meio de cultura BDA. Cada placa contendo um isolado monospórico foi identificada, vedada e armazenada em incubadora tipo B.O.D. com temperatura de 25°C para crescimento do fungo por um período de 12 dias.

Produção de inóculo

O micélio superficial do isolado foi removido com alça de platina estéril sob condições assépticas, as placas foram expostas, cobertas com pano crepe e

colocadas sob luz fluorescente contínua por 48 horas para a conidiogênese. A solução de inóculo foi preparado coletando os conídios com água estéril e um pincel macio, seguida da filtragem da solução dos conídios com uma camada de gaze. A concentração da suspensão conidial foi quantificada em câmara de Neubauer e padronizada para a concentração de 3×10^5 conídios/ml.

Para conservação longo prazo, esses isolados foram transferidos para placas de petri contendo meio de cultura BDA, identificados, vedados e armazenados em incubadora tipo B.O.D. para crescimento do fungo por um período de 12 dias. Após o crescimento as colônias foram repicadas e transferidas para papel de filtro estéril e mantidas em estufa a 30°C por 24 horas. Após a desidratação as placas foram congeladas a -4°C.

Inoculação e avaliação

As plantas foram inoculadas aos 25 dias após a emergência, com 20 ml da solução de inóculo por bandeja, utilizando-se um pulverizador manual. As plantas foram incubadas em câmara úmida com ausência total de luz por 24 horas, com temperatura média de 25°C e umidade relativa acima de 95%.

As avaliações de severidade nas folhas foram feitas sete dias após a inoculação, por meio da análise visual do fenótipo da interação patógeno-hospedeiro, com base nas reações dos genótipos, utilizando escala de 0 a 9 proposta por Leung *et al.* (1988) e modificada, sendo adicionado a nota 4 sugerido por Prabhu & Filippi, (2006). A reação nas plantas foi considerada resistente quando recebeu notas de severidade menor ou igual a 3 e suscetível quando a nota foi igual ou superior a 4. Para essas avaliações, as plantas não foram consideradas individualmente e sim como população, assim sendo, cada genótipo foi considerado suscetível ao apresentar mais de 30% das plantas com lesões em cada inoculação.

Foram realizadas as análises estatísticas individuais e conjunta utilizando-se o programa GENES (CRUZ, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação das características agronômicas e fitopatológicas a campo

Ano Agrícola 2006/2007

Foram coletados dados das seguintes características: Produtividade, floração, altura de planta, acamamento, rendimento de grãos inteiros, teor de amilose, temperatura de gelatinização, notas de comprimento, largura e centro branco dos grãos das linhagens resistentes a brusone avaliadas na Região Tropical do Brasil (em Goiás e Tocantins) em 2006/07.

Para produtividade, o coeficiente de variação da análise conjunta foi de 10,24% (Tabela 2), estando dentro dos valores obtidos para ensaios desta natureza. As maiores produtividades médias foram obtidas nos ensaios conduzidos em Goianira e Flores (Estado de Goiás), 7426 kg ha⁻¹ e 6146 kg ha⁻¹, respectivamente. As linhagens CNA 10901 e CNA 10902 apresentaram as maiores produtividades médias, 6.915 e 6.508 kg ha⁻¹. As linhagens oriundas da cultivar Diamante, CNA 10905 e CNA 10906, produziram menos que a média dos cultivares.

Considerando as outras características agronômicas mostradas na Tabela 3, verificou-se que as linhagens avaliadas apresentaram de maneira geral, boa qualidade industrial e culinária dos grãos, semelhantes aos seus respectivos genitores recorrentes. Inclusive, algumas linhagens oriundas da CNA 8502, apresentaram teores de amilose intermediário (entre 23% e 27%), corrigindo o defeito do genitor recorrente que possui teor de amilose baixo (< 22%).

As linhagens derivadas da BRS Formoso apresentaram floração média de 87 a 92 dias e altura de planta em torno de 100 cm. As linhagens derivadas da CNA8502 apresentaram ciclo fenológico mais precoce, com floração média variando de 78 a 84 dias.

Tabela 2. Dados de produtividade média de grãos e por local das linhagens resistentes a brusone avaliadas no Ensaio de Valor de Cultivo e Uso em Goiás (Goianira e Flores de Goiás) e Tocantins no (Projeto Formoso, Lagoa da Confusão e UNITINS), em 2006/07.

Trat.	Linhagem	Cruzamento	Goianira	Flores	Proj. Formoso	L. Confusão	UNITINS	PROD
1	DIAMANTE		7068 b	5565 a	4831 bc	6360 ab	4925 ab	5750 ab
2	CNA 8502		7006 b	6103 a	3593 c	4842 bc	5700 ab	5449 ab
3	FORMOSO		8587 ab	5646 a	4856 bc	6162 b	5581 ab	6166 ab
4	METICA 1		8021 ab	6746 a	7031 a	6913 ab	6068 ab	6956 a
5	CNA10889	Formoso	6593 b	5596 a	4668 bc	6591 ab	5350 ab	5760 ab
6	CNA10891	Formoso	7293 ab	6071 a	5481 ab	6525 ab	5675 ab	6209 ab
7	CNA10893	Formoso	7868 ab	6346 a	4350 bc	6864 ab	5681 ab	6222 ab
8	CNA10894	Formoso	7828 ab	6612 a	4981 bc	6303 ab	5256 ab	6196 ab
9	CNA10895	Formoso	7609 ab	6037 a	4256 bc	6319 ab	5525 ab	5949 ab
10	CNA10897	Formoso	8443 ab	5743 a	4981 bc	6525 ab	5512 ab	6241 ab
11	CNA10898	Formoso	8265 ab	5971 a	4318 bc	6476 ab	5800 ab	6166 ab
12	CNA10899	Formoso	8478 ab	6746 a	4106 bc	6748 ab	5625 ab	6340 ab
13	CNA10901	Formoso	8912 a	6834 a	5275 b	7779 a	5775 ab	6915 a
14	CNA10902	Formoso	8406 ab	5675 a	5300 b	6921 ab	6237 a	6508 ab
15	CNA10903	Formoso	7603 ab	6200 a	4706 bc	6616 ab	5793 ab	6183 ab
16	CNA10904	Formoso	6662 b	5671 a	4893 bc	6831 ab	4512 b	5714 ab
17	CNA10905	Diamante	6946 b	5715 a	4012 bc	6344 ab	5043 ab	5612 ab
18	CNA10906	Diamante	6859 b	5740 a	4306 bc	6030 bc	4493 b	5486 ab
19	CNA10910	CNA8502	7634 ab	6496 a	4175 bc	5486 bc	5575 ab	5873 ab
20	CNA10911	CNA8502	7868 ab	6018 a	3568 c	4116 c	5025 ab	5319 b
21	CNA10913	CNA8502	6803 b	5925 a	4318 bc	3786 c	4875 b	5141 b
22	CNA10914	CNA8502	7328 ab	6368 a	3418 c	3770 c	5493 ab	5275 b
23	CNA10916	CNA8502	7818 ab	6500 a	3250 c	3811 c	5325 ab	5341 b
24	CNA10918	CNA8502	6440 b	6118 a	3912 bc	4496 c	5387 ab	5271 b
25	CNA10921	CNA8502	6506 b	6090 a	3316 c	3341 c	4968 ab	4844 b
26	CNA10923	CNA8502	7221 ab	6231 a	2962 c	3885 c	5062 ab	5072 b
27	CNA10924	CNA8502	6850 b	6237 a	3062 c	5766 bc	5387 ab	5460 ab
28	CNA10926	CNA8502	6784 b	6768 a	3475 c	5296 bc	4981 ab	5461 ab
29	CNA10927	CNA8502	7500 ab	6450 a	4668 bc	5791 bc	5337 ab	5949 ab
	Média		7426	6146	4320	5724	5310	5822
	CV%		9	10	14	10	9	10.24
	DMS - Tukey 5%		1777	1724	1643	1614	1349	1573

PROD = produtividade média de grãos em kg/ha dos ensaios conduzidos em 2006-07.

Médias seguidas pela mesma letra não se diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quanto a qualidade industrial e culinária dos grãos, as linhagens apresentaram comportamento semelhantes aos seus respectivos genitores recorrentes. Todas as linhagens apresentaram resistência ao acamamento.

Em relação ao índice de centro branco (Tabela 3), que ficou entre 2 e 4,5, apenas quatro tratamentos obtiveram valor inferior a 3 (CNA 10891, CNA 10894, CNA 10899 e CNA 10913). Segundo Bangwaek *et al.* (1994), os mais baixos índices de centro branco têm sido obtidos com temperaturas diurnas entre 25-30°C e

noturnas de 15-20°C; portanto, temperaturas abaixo das registradas no Estado do Tocantins.

Tabela 3. Produtividade média, dados agrônômicos e características de grãos das linhagens avaliadas na Região Tropical do Brasil em 2006/07.

Trat.	Linhagem	Cruzamento	PROD	FLO	ALT	INT%	TOT%	TA	TG	C	L	CB
1	DIAMANTE		5750	89	95	61	70	22	6.1	3	3	3.0
2	CNA 8502		5449	80	104	61	71	22	5.4	3	3	3.5
3	FORMOSO		6166	89	100	56	68	30	3.8	3	2	2.0
4	METICA 1		6956	92	111	57	68	28	5.0	4	3	3.0
5	CNA10889	Formoso	5760	91	98	57	69	28	4.5	3	3	3.0
6	CNA10891	Formoso	6209	91	96	58	67	29	3.9	3	3	2.0
7	CNA10893	Formoso	6222	89	99	57	68	26	5.7	3	3	3.0
8	CNA10894	Formoso	6196	88	100	53	69	30	4.9	3	2	2.0
9	CNA10895	Formoso	5949	92	107	58	69	30	5.2	3	3	3.0
10	CNA10897	Formoso	6241	89	95	54	68	29	3.3	3	3	3.0
11	CNA10898	Formoso	6166	88	94	59	70	29	3.6	3	4	3.0
12	CNA10899	Formoso	6340	89	95	60	69	29	3.8	3	3	2.5
13	CNA10901	Formoso	6915	87	98	57	68	30	4.1	3	2	3.0
14	CNA10902	Formoso	6508	90	97	56	67	29	3.0	3	3	3.0
15	CNA10903	Formoso	6183	88	102	53	67	30	3.0	3	3	3.0
16	CNA10904	Formoso	5714	90	103	48	67	29	3.4	3	3	4.5
17	CNA10905	Diamante	5612	90	92	59	69	23	6.1	3	3	3.0
18	CNA10906	Diamante	5486	88	101	53	69	22	5.6	3	3	3.5
19	CNA10910	CNA8502	5873	82	98	63	70	22	5.4	3	3	3.5
20	CNA10911	CNA8502	5319	82	102	60	70	24	5.6	3	3	3.5
21	CNA10913	CNA8502	5141	84	102	59	70	24	4.8	3	4	2.5
22	CNA10914	CNA8502	5275	82	102	61	70	27	6.0	3	3	3.5
23	CNA10916	CNA8502	5341	82	101	60	70	26	6.8	3	3	3.5
24	CNA10918	CNA8502	5271	79	99	60	70	22	5.0	3	3	3.5
25	CNA10921	CNA8502	4844	81	94	63	70	22	5.0	3	2	3.0
26	CNA10923	CNA8502	5072	81	99	61	69	26	6.2	3	3	3.5
27	CNA10924	CNA8502	5460	78	99	59	70	25	6.6	3	3	4.0
28	CNA10926	CNA8502	5461	79	111	60	70	25	6.6	3	3	4.0
29	CNA10927	CNA8502	5949	81	104	57	69	27	5.2	3	3	3.0

Produtividade média (PROD), floração média (FLO), altura de planta (ALT), rendimento de grãos inteiros nos ensaios de Goiás e Tocantins (INT%) total de grãos inteiros nos ensaios de Goiás e Tocantins (TOT%), teor de amilose (TA), temperatura de gelatinização (TG), notas de comprimento (C) e largura (L) e centro branco (CB).

Ano Agrícola 2007/2008

Foram coletados dados das seguintes características: Produtividade, floração, altura de planta, acamamento, rendimento de grãos inteiros, rendimento de grãos total, coesividade, textura, rendimento de panela e tempo de cozimento em minutos das linhagens resistentes a brusone avaliadas na Região Tropical do Brasil (em Goiás e Tocantins).

Os CV% variaram de 8% a 21%, considerados aceitáveis para ensaios conduzidos no campo e avaliação de uma característica complexa como produtividade de grãos (Tabela 4). As maiores produtividades médias foram obtidas nos ensaios conduzidos em Goianira-GO e Formoso do Araguaia-TO. Na análise conjunta, a linhagem CNA 10901 foi a mais produtiva com 7.118 kg ha⁻¹. A maioria das linhagens obtidas da cultivar BRS Formoso e CNA 8502 apresentaram produtividades médias acima de 6.000 kg ha⁻¹. As linhagens oriundas da cultivar Diamante, CNA 10905 e CNA 10906, produziram menos que a média dos ensaios.

Considerando as outras características agrônômicas mostradas na Tabela 5, verifica-se que as linhagens CNA 10889, CNA 10891 e CNA 10895 oriundas da BRS Formoso, apresentaram floração média de 105 dias, 15 dias mais tardia que a BRS Formoso, apresentando evidência de segregação transgressiva para o ciclo. Apresentaram altura de planta variando de 91 a 106 cm. As linhagens CNA 10913 e CNA 10927 oriundas da CNA 8502, apresentaram floração média de 100 dias, 10 dias mais tardia que a CNA 8502, apresentando segregação. Todas as linhagens oriundas da CNA 8502 apresentaram altura de planta em torno de 100 cm. Todas as linhagens mostraram-se resistentes ao acamamento.

Para qualidade industrial e culinária dos grãos, as linhagens apresentaram comportamento semelhante aos seus genitores recorrentes (Tabela 5).

Tabela 4. Dados de produtividade média de grãos e por local das linhagens resistentes a brusone avaliadas no Ensaio de Valor de Cultivo e Uso em Goiás (Goianira) e Tocantins no (Projeto Formoso, UNITINS e Lagoa da Confusão), em 2007/08.

Trat.	Linhagem	Cruzamento	Goianira	P. Formoso	UNITINS	L. Confusão	PROD
1	DIAMANTE		6261 b	4875 a	5562 a	7382 a	6020 a
2	CNA 8502		6571 ab	6375 a	5898 a	4593 b	5859 a
3	FORMOSO		6751 ab	5375 a	5992 a	6156 ab	6068 a
4	METICA 1		7978 a	7000 a	6570 a	6414 ab	6990 a
5	CNA10889	Formoso	6395 b	5453 a	5851 a	5820 ab	5880 a
6	CNA10891	Formoso	6992 ab	5062 a	6015 a	5328 ab	5849 a
7	CNA10893	Formoso	6962 ab	6296 a	5453 a	5453 ab	6041 a
8	CNA10894	Formoso	6875 ab	7890 a	5781 a	5445 ab	6498 a
9	CNA10895	Formoso	6817 ab	4906 a	5843 a	6976 ab	6136 a
10	CNA10897	Formoso	5403 b	7015 a	6007 a	5726 ab	6038 a
11	CNA10898	Formoso	7551 ab	6171 a	5875 a	5835 ab	6358 a
12	CNA10899	Formoso	6550 ab	7281 a	6875 a	5664 ab	6592 a
13	CNA10901	Formoso	7108 ab	7718 a	6914 a	6734 ab	7118 a
14	CNA10902	Formoso	6893 ab	6015 a	5812 a	6375 ab	6274 a
15	CNA10903	Formoso	7276 ab	7000 a	6726 a	6429 ab	6858 a
16	CNA10904	Formoso	5460 b	6968 a	5781 a	5289 ab	5874 a
17	CNA10905	Diamante	6201 b	5937 a	5375 a	5953 ab	5866 a
18	CNA10906	Diamante	5438 b	5531 a	5460 a	6695 ab	5781 a
19	CNA10910	CNA8502	7493 ab	8250 a	6265 a	4937 b	6736 a
20	CNA10911	CNA8502	6842 ab	8250 a	5781 a	5468 ab	6585 a
21	CNA10913	CNA8502	5923 b	6125 a	5406 a	5617 ab	5768 a
22	CNA10914	CNA8502	6418 b	7140 a	6117 a	5250 ab	6231 a
23	CNA10916	CNA8502	6561 ab	6203 a	6367 a	5718 ab	6212 a
24	CNA10918	CNA8502	7633 ab	6390 a	6046 a	4953 b	6256 a
25	CNA10921	CNA8502	6513 b	5859 a	5968 a	4843 b	5796 a
26	CNA10923	CNA8502	7812 ab	6484 a	6625 a	5210 ab	6533 a
27	CNA10924	CNA8502	6347 b	7531 a	6437 a	4859 b	6293 a
28	CNA10926	CNA8502	7552 ab	6520 a	6781 a	5031 ab	6471 a
29	CNA10927	CNA8502	7236 ab	7296 a	6921 a	5625 ab	6770 a
Média			6753	6515	6087	5717	6268
CV%			8,31	21,24	12,35	15,27	15,04
DMS-Tukey 5%			1533	3779	2054	2384	2487

PROD = produtividade média de grãos em kg/ha dos ensaios conduzidos em 2007-08.

Médias seguida pela mesma letra não se diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 5. Produtividade média, dados agrônômicos e características de grãos das linhagens avaliadas na Região Tropical do Brasil em 2007/08.

Trat.	Linhagem	PROD	FLO	ALT	INT %	TOT%	C	TX	R (%)	TC (min)
1	DIAMANTE	6020	102	87	65	70	S	M	200	21
2	CNA 8502	5859	90	100	62	68	S	M	200	22
3	FORMOSO	6068	90	101	57	68	S	LM	200	22
4	METICA 1	6990	105	108	56	68	S	LM	200	21
5	CNA10889	5880	105	94	58	68	S	M	200	23
6	CNA10891	5849	105	91	52	68	S	LM	225	22
7	CNA10893	6041	103	96	58	66	S	M	200	21
8	CNA10894	6498	102	97	53	68	MS	LM	225	22
9	CNA10895	6136	105	106	37	71	S	M	200	22
10	CNA10897	6038	102	92	63	69	MS	LM	225	21
11	CNA10898	6358	103	93	57	67	MS	LM	200	22
12	CNA10899	6592	103	89	61	68	S	M	200	22
13	CNA10901	7118	102	94	56	68	S	M	225	22
14	CNA10902	6274	103	93	55	66	S	M	200	22
15	CNA10903	6858	104	102	59	67	S	LM	200	22
16	CNA10904	5874	103	95	46	63	S	M	200	22
17	CNA10905	5866	103	86	62	69	LS	M	200	22
18	CNA10906	5781	103	92	62	70	LS	EM	175	22
19	CNA10910	6736	94	93	66	70	LS	EM	200	21
20	CNA10911	6585	95	97	65	70	LS	M	200	21
21	CNA10913	5768	100	101	60	66	LS	M	200	21
22	CNA10914	6231	95	96	65	70	S	M	225	22
23	CNA10916	6212	95	96	66	70	LS	M	200	22
24	CNA10918	6256	90	96	62	69	S	M	200	21
25	CNA10921	5796	94	92	66	70	LS	EM	200	22
26	CNA10923	6533	90	96	66	69	LS	M	200	22
27	CNA10924	6293	94	95	64	71	LS	M	200	22
28	CNA10926	6471	90	106	63	70	S	M	200	22
29	CNA10927	6770	100	105	58	67	LS	M	200	22

Produtividade média (PROD), floração média (FLO), altura de planta (ALT), rendimento de grãos inteiros nos ensaios de Goiás e do Tocantins (INT%) e total de grãos inteiros nos ensaios de Goiás e Tocantins (TOT%), coesividade (C), textura (T), rendimento (R%) e tempo de cozimento em minutos (TC).

Ensaio em casa de vegetação

A partir da inoculação das 10 raças mais prevalentes, observou-se que existiu diferentes reações das raças nos genótipos avaliados (Tabela 6). Apenas os genótipos Oryzica Llanos 4 e Oryzica 1 foram resistentes a todos os patótipos inoculados. O genótipo Oryzica Llanos 5 que há muito tempo era tido como a maior fonte de resistência durável, foi suscetível às raças IA-1, IC-1, IA-41 e IA-9, todas prevalentes em lavouras de arroz irrigado no Estado do Tocantins. Dos genótipos testados apenas a linhagem CNA10927 foi suscetível à todas as raças de *M. grisea* inoculadas.

As cultivares Formoso e Metica 1, utilizadas como testemunha, foram amplamente cultivadas nos Estados de Goiás e Tocantins e nos últimos anos foram substituídas devido a quebra da resistência à brusone e apresentaram reação de resistência apenas para as raças ID-9 e IB-41. A cultivar Diamante apresentou reação de resistência para as raças IC-1, ID-1, IA-65, IA-33 e IB-41. A cultivar CNA8502 mostrou-se resistente às raças IA-1, ID-1, IA-65, IA-33 e IA-41.

Os genótipos CNA10901, CNA10902 e CNA10903 apresentaram resultados semelhantes, apresentando suscetibilidade apenas para a raça IC-1.

Esse resultado possibilita futuras combinações de multilinhas e variedades compostas dos genótipos Diamante + CNA8502 + Formoso, levando à resistência a todos os patótipos avaliados.

Das 35 linhagens testadas, merece destaque a CNA 10901 que apresentou a maior produtividade média nos dois anos de plantio, além de apresentar alto rendimento de grãos inteiros e total (Tabelas 2, 3, 4 e 5) e nos testes de virulência às raças prevalentes de *M. grisea*, apresentou reação de suscetibilidade apenas para a raça IC-1 (Tabela 6).

Tabela 6. Análise da resistência à *M. grisea*, utilizando escala de notas de 0 a 9 (LEUNG *et al.*, 1988); dados de produtividade média dos dois anos agrícola (PRODM); floração média nos dois anos agrícola (FLOM) e cocção em 2007/08.

		Raças fisiológicas de <i>M. grisea</i>										PRODM	FLOM	C
Tratamentos	Cruzamento	IA-1	IC-1	ID-1	IA-65	ID-9	IB-1	IA-33	IA-41	IA-9	IB-41			
Diamante	Testemunha	S	R	R	R	S	S	R	S	S	R	5870 a	96	S
CNA 8502	Testemunha	R	S	R	R	S	S	R	R	S	S	5631 a	85	S
Formoso	Testemunha	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	6123 a	90	S
Metica 1	Testemunha	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	6971 a	99	S
CNA10889	Formoso/CNAi 9022/Formoso	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	5813 a	98	S
CNA 10891	Formoso/CNAi 9022/Formoso	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	6049 a	98	S
CNA 10893	Formoso/CNAi 9022/Formoso	R	S	R	S	R	R	S	R	S	R	6141 a	96	S
CNA 10894	Formoso/Oryzica L-4/Formoso	R	S	R	S	S	R	R	R	R	R	6330 a	95	MS
CNA 10895	Formoso/Oryzica L-4/Formoso	R	S	R	R	S	R	R	R	R	R	6032 a	99	S
CNA 10897	Formoso/Oryzica L-5/Formoso	R	S	S	S	R	S	R	S	S	R	6151 a	96	MS
CNA 10898	Formoso/Oryzica L-5/Formoso	S	S	S	S	R	R	R	S	S	R	6251 a	96	MS
CNA 10899	Formoso/Oryzica L-5/Formoso	S	S	S	S	R	R	R	R	S	R	6452 a	96	S
CNA 10901	Formoso/Oryzica L-5/Formoso	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	7005 a	95	S
CNA 10902	Formoso/Oryzica 1/Formoso	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	6404 a	97	S
CNA 10903	Formoso/5287/Formoso	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	6483 a	96	S
CNA 10904	Formoso/5287/Formoso	S	S	R	R	R	R	R	R	S	R	5785 a	97	S
CNA 10905	Diamante/Oryzica L-4/Diamante	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	5725 a	97	LS
CNA 10906	Diamante/5287/Diamante	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	5617 a	96	LS
CNA 10910	CNA8502/CNAi 9022/CNA8502	R	S	R	R	S	R	R	R	R	S	6257 a	88	LS
CNA 10911	CNA8502/CNAi 9022/CNA8502	R	S	R	R	S	R	R	R	R	S	5882 a	89	LS
CNA 10913	CNA8502/CNAi 9022/CNA8502	R	S	R	R	S	R	S	S	R	S	5420 a	92	LS
CNA 10914	CNA8502/CNAi 9029/CNA8502	R	S	R	R	S	R	R	R	R	S	5700 a	89	S
CNA 10916	CNA8502/CNAi 9029/CNA8502	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	5728 a	89	LS
CNA 10918	CNA8502/Oryzica L-4/CNA8502	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	5708 a	85	S
CNA 10921	CNA8502/Oryzica L-4/CNA8502	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	5267 a	88	LS
CNA 10923	CNA8502/Oryzica L-5/CNA8502	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	5721 a	86	LS
CNA 10924	CNA8502/Oryzica L-5/CNA8502	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	5831 a	86	LS
CNA 10926	CNA8502/Oryzica 1/CNA8502	S	S	R	R	R	S	S	S	S	R	5910 a	85	S
CNA 10927	CNA8502/5287/CNA8502	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	6314 a	91	LS
Oryzica Llanos 5	Fonte resistência à brusone	S	S	R	R	R	R	R	S	S	R	-	-	-
Oryzica Llanos 4	Fonte resistência à brusone	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	-	-	-

Oryzica 1	Fonte resistência à brusone	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	-	-	-
5287	Fonte resistência à brusone	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	-	-	-
Média												6020		
CV%												12,79		
DMS-Tukey 5%												2031		

R = Genótipo de arroz que obteve nota de severidade de 0 a 3.

S = Genótipo de arroz que obteve nota de severidade de 4 a 9.

A maioria das linhagens oriundas do cruzamento da cultivar BRS Formoso, apresentaram produtividade superior a 6.000 kg ha⁻¹, boa qualidade de grãos (Tabelas 2, 3, 4, e 5) e mostraram-se resistentes às principais raças identificadas de lavouras comerciais das principais regiões produtoras dos Estados do Tocantins, Goiás e Pará (Tabela 6). As linhagens provenientes dos cruzamentos da CNA8502 e Diamante também apresentaram boa produtividade e qualidade de grãos e apresentaram reação de resistência para as 10 raças prevalentes.

Análise conjunta dos ensaios de campo envolvendo os resultados obtidos em laboratório

De maneira geral, na média dos vários ambientes de avaliação, as linhagens oriundas da cultivar BRS Formoso foram as mais produtivas, com produtividades médias acima de 6.000 kg ha⁻¹ (Tabelas 2 e 4). Merece destaque a CNA 10901, que apresentou resistência a quase todas as raças mais prevalentes, além de também ter apresentado a maior produtividade média nos dois anos agrícola (6.915 e 7.118 kg ha⁻¹), além de apresentar alto rendimento de grãos inteiros (61%). A qualidade dos grãos é uma das principais características levadas em consideração no lançamento de uma cultivar de arroz, as linhagens testadas apresentaram grãos com elevado rendimento de grãos inteiros (67 a 71%), semelhantes aos seus genitores recorrentes.

Entre as linhagens avaliadas, nas condições do Estado de Goiás e Tocantins, destacaram-se as linhagens CNA 10901, CNA 10902 e CNA 10903, apresentando as maiores produtividades média nos dois anos e nos testes de virulência às raças prevalentes de *M. grisea*, apresentaram reação de suscetibilidade apenas para a raça IC-1 (Tabela 2, 4 e 6).

As linhagens oriundas do cruzamento da CNA8502, apresentaram caracteres semelhantes e ciclo médio mais precoce, variando de 85 a 92 dias. Com exceção da CNA10926, todas mostraram reação de suscetibilidade às raças ID-9 e IB-41. As linhagens originadas da CNA8502 foram menos produtivas, com produtividades médias acima de 5.000 kg ha⁻¹ (Tabelas 3 e 5). A CNA10910 foi a mais produtiva nos dois anos agrícola (5.873 e 6.736 kg ha⁻¹) e apresentaram reação de suscetibilidade para as raças IC-1, ID-9 e IB-41 (Tabela 6)

Esse estudo mostra a importância do melhoramento genético e das instituições de pesquisa, pois essas linhagens possibilitará a confecção de multilinhas e variedades compostas de arroz irrigado, com resistência efetiva à brusone, possibilitando a redução dos custos de produção e contribuirá para a sustentabilidade das lavouras de arroz irrigado nas regiões tropicais.

Trabalho de pesquisa realizado na China por Zhu *et al.* (2000), envolvendo pesquisadores, agricultores e extensionistas, demonstrou que o uso de mistura de cultivares pode reduzir drasticamente a ocorrência de doenças em grandes áreas de cultivo.

Os componentes de qualquer população do patógeno podem variar temporariamente em frequência. Além das mudanças dentro de uma determinada região, a dispersão de esporos a longa distância pode causar alterações significativas. De acordo com Prabhu & Filippi (2006), a população de *M. grisea* tem demonstrado capacidade para adaptar-se rapidamente às novas cultivares resistentes desenvolvidas e introduzidas no Estado do Tocantins.

Combinação de linhagens para constituição de multilinhas

Baseado em dados de virulência do patógeno, produtividade, cocção e ciclo fenológico, foi realizado a composição de 17 multilinhas e variedades compostas, as quais no seu conjunto, conferem resistência a todos os 10 patótipos prevalentes nos locais amostrados (Tabela 7). Entre as linhagens de ciclo médio mais promissoras estão, CNA10901, CNA10903, CNA10902, CNA10895, CNA10894, e CNA10904), devido apresentarem resistência à maior parte das raças prevalentes, aliado à características de alta produtividade, cocção desejável e ciclo médio com variação máxima de 3 dias.

Desta forma, é possível estabelecer cultivares multilinhas de arroz irrigado através de combinações de linhagens quase isogênicas diferindo-se nos genes de resistência às raças de *M. grisea* mais prevalentes, o qual no seu conjunto, haverá resistência à todas as raças prevalentes, além de também apresentarem boas características de produtividade, cocção e floração.

A integridade das misturas de linhagens quase-isogênicas e de cultivares deve ser monitorada ao longo dos anos, visto que o uso de sementes colhidas de um cultivo para outro pode levar a mudanças na composição da mistura devido a maior capacidade competitiva de um dos componentes, ocasionada, por exemplo, pela ocorrência de doenças, ou simplesmente por efeito de deriva genética. Portanto, a composição das proporções originais das multilinhas e das cultivares compostas após um determinado período de cultivo deve ser monitorada. Além disso, a detecção de novas raças do patógeno na região torna necessária a substituição de um ou mais componentes da mistura por outros que apresentem resistência a estas raças (RANGEL et al., 2006).

Tabela 7. Combinação de multilinhas de arroz irrigado a partir de mistura de duas ou três linhagens e suas respectivas características de resistência às raças prevalentes de *M. grisea*, produtividade média (PRODM), cocção (C) e floração média dos dois anos agrícola (FLOM).

	Tratamento	Cruzamento	IA-1	IC-1	ID-1	IA-65	ID-9	IB-1	IA-33	IA-41	IA-9	IB-41	PRODM	C	FLOM
ML01	CNA 10901	Formoso	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	7005	S	95
	CNA 10905	Diamante	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	5725	LS	97
ML02	CNA 10901	Formoso	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	7005	S	95
	CNA 10906	Diamante	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	5617	LS	96
ML03	CNA 10895	Formoso	R	S	R	R	S	R	R	R	R	R	6032	S	99
	CNA 10891	Formoso	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	6049	S	98
ML04	CNA 10891	Formoso	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	6049	S	98
	CNA 10902	Formoso	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	6404	S	97
	CNA 10904	Formoso	S	S	R	R	R	R	R	R	S	R	5785	S	97
ML05	CNA 10891	Formoso	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	6049	S	98
	CNA 10903	Formoso	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	6483	S	96
	CNA 10895	Formoso	R	S	R	R	S	R	R	R	R	R	6032	S	99
ML06	CNA 10895	Formoso	R	S	R	R	S	R	R	R	R	R	6032	S	99
	CNA 10906	Diamante	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	5617	LS	96
	CNA 10899	Formoso	S	S	S	S	R	R	R	R	S	R	6452	S	96
LM07	CNA 10901	Formoso	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	7005	S	95
	CNA 10905	Diamante	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	5725	LS	97
	CNA 10894	Formoso	R	S	R	S	S	R	R	R	R	R	6330	MS	95
ML08	CNA 10904	Formoso	S	S	R	R	R	R	R	R	S	R	5785	S	97
	CNA 10906	Diamante	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	5617	LS	96
	CNA 10894	Formoso	R	S	R	S	S	R	R	R	R	R	6330	MS	95
ML09	CNA 10902	Formoso	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	6404	S	97
	CNA 10906	Diamante	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	5617	LS	96
ML10	CNA 10901	Formoso	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	7005	S	95
	CNA 10906	Diamante	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	5617	LS	96
ML11	CNA 10895	Formoso	R	S	R	R	S	R	R	R	R	R	6032	S	99
	CNA 10905	Diamante	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	5725	LS	97
ML12	CNA 10902	Formoso	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	6404	S	97
	CNA10889	Formoso	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	5813	S	98
ML13	CNA 10905	Diamante	S	R	R	R	R	S	R	S	S	R	5725	LS	97
	CNA 10894	Formoso	R	S	R	S	S	R	R	R	R	R	6330	MS	95
ML14	CNA 10910	CNA8502	R	S	R	R	S	R	R	R	R	S	6257	LS	88
	CNA 10918	CNA8502	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	5708	S	85
	CNA 10926	CNA8502	S	S	R	R	R	S	S	S	S	R	5910	S	85
ML15	CNA 10918	CNA8502	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	5708	S	85
	CNA 10926	CNA8502	S	S	R	R	R	S	S	S	S	R	5910	S	85
	CNA 10923	CNA8502	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	5721	LS	86
ML16	CNA 10918	CNA8502	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	5708	S	85
	CNA 10926	CNA8502	S	S	R	R	R	S	S	S	S	R	5910	S	85
ML17	CNA 10910	CNA8502	R	S	R	R	S	R	R	R	R	S	6257	LS	88
	CNA 10926	CNA8502	S	S	R	R	R	S	S	S	S	R	5910	S	85
	CNA 10924	CNA8502	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	5831	LS	86

R = Genótipo de arroz que obteve nota de severidade de 0 a 3.

S = Genótipo de arroz que obteve nota de severidade de 4 a 9.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento sobre a variabilidade patogênica e a dinâmica de população são fundamentais para explorar os mecanismos de defesa da planta com maior eficiência e para o aumento da durabilidade da resistência das cultivares. O monitoramento de populações de multilinhas requer uma técnica adequada, segura e uma amostragem bem feita. Em geral, a amostragem dos isolados é insuficiente e não identifica todas as raças dentro da população.

Apesar dos resultados alcançados com a realização deste trabalho, são necessários estudos mais amplos, utilizando maior número de linhagens isogênicas com genes diferenciados e isolados de locais diferentes e testes no campo, para que seja gerado maior número de informações, aprimorando os programas de melhoramento genético de arroz irrigado para obtenção de linhagens com resistência durável à brusone. Assim, o plantio de um maior número de cultivares resistentes, seria uma medida eficiente para reduzir os riscos de perdas ocorridas por brusone.

Os resultados obtidos no presente experimento demonstram que a diversificação dos genes de resistência pode ser um caminho ecologicamente correto para o controle da brusone e pode ser efetivo em grandes áreas de plantio contribuindo para a sustentabilidade das lavouras de arroz.

Apesar do grande potencial para o cultivo do arroz irrigado nos municípios de Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão, Dueré e Cristalândia, o estabelecimento da multilinha é dificultado, pois requer muito tempo para o desenvolvimento das linhagens a serem combinadas. Além disso, a produção de sementes certificadas possui alto custo e um esforço conjunto de especialistas, principalmente das áreas de melhoramento e fitopatologia. Também há a necessidade de monitoramento constante das raças fisiológicas prevalentes na região, o que dificulta a sua utilização.

LITERATURA CITADA

- BANGWAEK, C.; VERGARA, B. S.; ROBLES, R. P. Effect of temperature regime on grain chalkiness in rice. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 19, n. 4, p. 8, 1994.
- BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. Manual de Fitopatologia. Vol. 1: Princípios e Conceitos. 3ª ed. Agronômica Ceres, São Paulo-SP. 919 p. 1995.
- BRONDANI, C.; BRONDANI, R. P. V.; GARRIDO, L. R.; FERREIRA, M. E. Development of microsatellite markers for the genetic analysis of *Magnaporthe grisea*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 4, p. 753-762, 2000.
- BROWNING, J. A. & FREY, K. J. The multililine concept in theory and practice. In: JENKYN, J. F. And PLUMB, R. T. (ed). **Strategies for the control of cereal disease**. Oxford: Blaekwell. P.37-46, 1981.
- CHANDLER, R. F. **Arroz en los trópicos**. São José: IICA, 1984. 280p.
- CHEN, D.H., ZEIGLER, R.S., LEUNG, H. & NELSON, R.J. Population structure of *Pyricularia grisea* in two screening sites in Philippines. **Phytopathology**. v. 85, p. 1011-1020, 1995.
- CORNELIO, V. M. O.; SOARES, A.A.; BUENO FILHO, J. S. S.; SOARES, P. C. Identificação de raças fisiológicas de *Pyricularia grisea* em arroz no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. V.27, n.5, p.1016-1022, 2003.
- CRUZ, C.D. Programa GENES - Aplicativo Computacional em Genética e Estatística. Editora UFV, Viçosa, MG, 1997, 442 p.
- DIAS NETO, J. J.; SANTOS, G. R.; SILVA, L. M. A.; RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E.; CUNHA, A. C. F.; CANJÃO, E. R, CASTRO NETO, M. D. Identificação de raças fisiológicas de *Pyricularia grisea* em arroz no Estado do Tocantins. **Tropical Plant Pathology**, v. 33 (suplemento), p.186, 2008.
- FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S. Phenotypic virulence analysis of *Pyricularia grisea* isolates from Brazilian upland rice cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 27-35, 2001.
- FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S.; LEVY, M. Differential Compatibility of *Pyricularia grisea* isolates with some Brazilian irrigated rice cultivars. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 447-450, 1999.
- GOMES, A.S.; MAGALHÃES, A.M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2004.
- GUIMARÃES, E. P. **Qualidade de grão em arroz**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1989. 14p. (Trabalho apresentado na Reunião da Comissão Técnica de Arroz da Região II, Campinas, 1989).

- INUKAI, T., NELSON, R.J., ZEIGLER, R.S., SARKARUNG, S. TAKAMURE, I. & KINOSHITA, T. Differentiation of pathogenic races of rice blast fungus by using near-isogenic lines with *Indica* genetic background. *Journal of the Faculty of Agriculture Hokkaido* 66:27-35. 1994.
- JENNINGS, P. R.; COFFMAN, W. R.; KAUFFMAN, H. E. El mejoramiento del arroz. In: TASCÓN J., E.; GARCIA D., E. **ARROZ**: investigación y producción. Cáli: CIAT, p. 205-231, 1985.
- KOIZUMI, S. Rice blast control with multilines in Japan. in: Mew Tw, borromeo e, hardy b (editors). *Exploiting Biodiversity for Sustainable Pest Management. Proceedings of the Impact Symposium on Exploiting Biodiversity for Sustainable Pest Management, Kunming China, 21-23 AUG 2000. Los Baños (Philippines): IRRI. P. 143-157, 2001.*
- KUMAR, I.; MARUYAMA, K.; MOON, H.P. Grain quality consideration in hybrid rice. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Hybrid rice technology**: new developments and future prospects. Manila: IRRI, p. 123-130, 1994.
- KUMAR, I.; KHUSH, G. S. Genetic analysis of different amylose levels in rice. **Crop Science**, v. 27, n. 6, p. 1167-1172, 1987.
- LEUNG, H.; BORROMEO, E. S.; BERNARDO, M. A.; NOTTENGHEN, J. L. Genetic analysis of virulence in the rice blast fungus *Magnaporthe grisea*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 78, n. 9, p. 1227-1233, 1988.
- LEVY, M., CORREA-VICTORIA, F.S., ZEIGLER, R.S., XU, S. & HAMER, J.E. Genetic diversity of the rice blast fungus in a disease nursery in Colombia. **Phytopathology** 83:1427-1433. 1993.
- LUZ, M. L. G. S. & TREPTOW, R. O. Comportamento de Variedades Tailandesas de Arroz. **Revista Brasileira de AGROCIÊNCIA**, v. 4, n. 3, p. 151-157, 1998.
- MEKWATANAKARN, P., KOSITRANA, W & ZEIGLER, R.S. Pathotype and avirulence gene diversity of *Pyricularia grisea* in Thailand as determined by rice lines near-isogenic for major resistance genes. **Plant Disease** v. 84, p. 60-70, 2000.
- OU, S. H. **Rice diseases**. 3. ed. Kew: Commonwealth, Mycological Institute, 1987. 368 p.
- OU, S. H. Pathogen variability and host resistance in rice blast disease. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 18, p. 167-187, 1980.
- PEREIRA, J. A. & RANGEL, P. H. N. Produtividade e Qualidade de Grãos de Arroz Irrigado no Piauí. **Ciênc. agrotec.**, v. 25, n. 3, p. 569-575, 2001.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. C. **Brusone em arroz: controle genético, progresso e perspectivas**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, 2006, 388 p.

RANGEL, P. H. N. Mapeamento genético e piramidização de genes de resistência no desenvolvimento de multilinhas e cultivares compostas de arroz irrigado com resistência estável à brusone (*Pyricularia grisea*). **Relatório Técnico**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

RANGEL, P. H. N.; SOARES, D. M.; MORAIS, O. P.; CUTRIM, V. A. DINIZ, J. A.; FONSECA, J. R. BRS Alvorada and BRSGO Guará - Irrigated Rice Cultivars for the States Goiás and Tocantins. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 6, p. 319-322, 2006.

ROBINSON, R. A. Disease resistance terminology. **Review of Applied Mycology**, Surrey, v. 48, p. 593-606, 1969.

RODRIGUES, L. R. F. & ANDO, A. Caracterização e avaliação de três grupos de arroz-de-sequeiro de diferentes procedências por meio da sensibilidade à radiação gama. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 1, p. 17-23, 2002.

RUSSELL, G. E. **Plant breeding for pest and disease resistance**. London: Butterworths, 1978, 465 p.

SANTOS, G. R.; KORNDORFER, G. H.; PRABU, A. S. Eficiência do silício combinado com nitrogênio e tratamento de sementes no controle de doenças do arroz irrigado por inundação. **Biosci J.**, Uberlândia, v. 19, n.3, p. 43-49, 2003.

SANTOS, G. R.; SABOYA, L. M. F.; RANGEL, P. H. N.; OLIVEIRA FILHO, J. C. Resistência de genótipos de arroz a doenças no sul do Estado do Tocantins, Brasil. **Biosci J.**, v. 18, n. 1, p. 3-12, 2002.

SILVA, L. M. A.; SANTOS, G. R.; DIAS NETO, J. J. RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E.; CANJÃO, E. R.; CUNHA, A. C. F.; CASTRO NETO, M. D. Severidade de *Pyricularia grisea* em multilinhas e variedades compostas no Sul do Estado do Tocantins. **Tropical Plant Pathology**, v. 33 (suplemento), p. 233, 2008.

VANDER PLANK, J. E. **Plant diseases: epidemics and control**. New York: Academic Press, 1963. 349 p.

ZHU Y.; CHEN H.; FAN J.; WANG, Y.; LI, Y.; CHEN, J.; YNAG, S.; HUS, L.; LEUNG, H.; MEW, T.W.; TENG, P.S.; WANG, Z.; MUNDT, C.C. Genetic Diversity and Disease Control in Rice. **Nature** 406, v. 17, p. 718-722, 2000.

Anexo 1: Chave para identificação de raças fisiológicas de *Magnaporthe grisea* em arroz, conforme metodologia de Ling & Ou, (1969).

Nº da Raça e Grupo	Reaç. Diferencial ABCDEFGH	Nº da Raça e Grupo	Reaç. Diferencial ABCDEFGH	Nº da Raça e Grupo	Reaç. Diferencial ABCDEFGH
IA-1	SSSSSSSS	IA-92	SRSRRSRR	IB-53	RSRRSRSS
IA-2	SSSSSSSR	IA-93	SRSRRRSS	IB-54	RSRRSRSR
IA-3	SSSSSSRS	IA-94	SRSRRRSR	IB-55	RSRRSRRS
IA-4	SSSSSSRR	IA-95	SRSRRRRS	IB-56	RSRRSRRR
IA-5	SSSSSRSS	IA-96	SRSRRRRR	IB-57	RSRRRSSS
IA-6	SSSSRSR	IA-97	SRRSSSSS	IB-58	RSRRRSSR
IA-7	SSSSRRS	IA-98	SRRSSSSR	IB-59	RSRRRSRS
IA-8	SSSSRRR	IA-99	SRRSSSRS	IB-60	RSRRRSRR
IA-9	SSSSRSSS	IA-100	SRRSSSRR	IB-61	RSRRRRSS
IA-10	SSSSRSSR	IA-101	SRRSSRSS	IB-62	RSRRRRSR
IA-11	SSSSRSRS	IA-102	SRRSSRSR	IB-63	RSRRRRRS
IA-12	SSSSRSRR	IA-103	SRRSSRRS	IB-64	RSRRRRRR
IA-13	SSSSRRSS	IA-104	SRRSSRRR		
IA-14	SSSSRRSR	IA-105	SRRSRSSS		
IA-15	SSSSRRRS	IA-106	SRRSRSSR	IC-1	RRSSSSSS
IA-16	SSSSRRRR	IA-107	SRRSRRSR	IC-2	RRSSSSSR
IA-17	SSSRSSSS	IA-108	SRRSRSRR	IC-3	RRSSSSRS
IA-18	SSSRSSSR	IA-109	SRRSRRSS	IC-4	RRSSSSRR
IA-19	SSSRSSRS	IA-110	SRRSRRSR	IC-5	RRSSSRSS
IA-20	SSSRSSRR	IA-111	SRRSRRRS	IC-6	RRSSSRSR
IA-21	SSSRSSRS	IA-112	SRRSRRRR	IC-7	RRSSSRRS
IA-22	SSSRSRSR	IA-113	SRRSSSSS	IC-8	RRSSRRR
IA-23	SSSRSRRS	IA-114	SRRSSSSR	IC-9	RRSSRSSS
IA-24	SSSRSRRR	IA-115	SRRSSSRS	IC-10	RRSSRSSR
IA-25	SSSRSSSS	IA-116	SRRSSSRR	IC-11	RRSSRSRS
IA-26	SSSRSSSR	IA-117	SRRSSRSS	IC-12	RRSSRSRR
IA-27	SSSRSSRS	IA-118	SRRSSRSR	IC-13	RRSSRRSS
IA-28	SSSRSSRR	IA-119	SRRSSRRS	IC-14	RRSSRRSR
IA-29	SSSRRRSS	IA-120	SRRSRRRR	IC-15	RRSSRRRS
IA-30	SSSRRRSR	IA-121	SRRRRSSS	IC-16	RRSSRRRR
IA-31	SSSRRRRS	IA-122	SRRRRSSR	IC-17	RRSRSSSS
IA-32	SSSRRRRR	IA-123	SRRRRSRS	IC-18	RRSRSSSR
IA-33	SSRSSSSS	IA-124	SRRRRSRR	IC-19	RRSRSSRS
IA-34	SSRSSSSR	IA-125	SRRRRRSS	IC-20	RRSRSSRR
IA-35	SSRSSSRS	IA-126	SRRRRRSR	IC-21	RRSRSSRS
IA-36	SSRSSSRR	IA-127	SRRRRRRS	IC-22	RRSRSSRR
IA-37	SSRSSRSS	IA-128	SRRRRRRR	IC-23	RRSRSRRS
IA-38	SSRSSRSR			IC-24	RRSRSRRR
IA-39	SSRSSRRS			IC-25	RRSRRSSS
IA-40	SSRSSRRR	IB-1	RSSSSSSS	IC-26	RRSRRSSR
IA-41	SSRSRSSS	IB-2	RSSSSSSR	IC-27	RRSRRSRS
IA-42	SSRSRSSR	IB-3	RSSSSSRS	IC-28	RRSRRSRR
IA-43	SSRSRSRS	IB-4	RSSSSSRR	IC-29	RRSRRRSS
IA-44	SSRSRSRR	IB-5	RSSSSRSS	IC-30	RRSRRRSR
IA-45	SSRSRRSS	IB-6	RSSSSRSR	IC-31	RRSRRRRS
IA-46	SSRSRRSR	IB-7	RSSSSRRS	IC-32	RRSRRRRR
IA-47	SSRSRRRS	IB-8	RSSSSRRR		
IA-48	SSRSRRRR	IB-9	RSSSRSSS		
IA-49	SSRRSSSS	IB-10	RSSSRSSR	ID-1	RRRSSSSS

Continua...

Nº da Raça e Grupo	Reaç. Diferencial ABCDEFGH	Nº da Raça e Grupo	Reaç. Diferencial ABCDEFGH	Nº da Raça e Grupo	Reaç. Diferencial ABCDEFGH
IA-50	SSRRSSSR	IB-11	RSSRSRS	ID-2	RRRSSSSR
IA-51	SSRRSSRS	IB-12	RSSRSRR	ID-3	RRRSSSRS
IA-52	SSRRSSRR	IB-13	RSSRRSS	ID-4	RRRSSSRR
IA-53	SSRRSRSS	IB-14	RSSRRSR	ID-5	RRRSSRSS
IA-54	SSRRSRSR	IB-15	RSSRRRS	ID-6	RRRSSRSR
IA-55	SSRRSRRS	IB-16	RSSRRRR	ID-7	RRRSSRRS
IA-56	SSRRSRRR	IB-17	RSSRSSSS	ID-8	RRRSSRRR
IA-57	SSRRRSSS	IB-18	RSSRSSSR	ID-9	RRRRSSSS
IA-58	SSRRRSSR	IB-19	RSSRSSRS	ID-10	RRRRSSSR
IA-59	SSRRRSRS	IB-20	RSSRSRR	ID-11	RRRSRSRS
IA-60	SSRRRRRR	IB-21	RSSRSRSS	ID-12	RRRSRSRR
IA-61	SSRRRRSS	IB-22	RSSRSRSR	ID-13	RRRSRRSS
IA-62	SSRRRRSR	IB-23	RSSRSRRS	ID-14	RRRSRRSR
IA-63	SSRRRRRS	IB-24	RSSRRRR	ID-15	RRRSRRRS
IA-64	SSRRRRRR	IB-25	RSSRRSSS	ID-16	RRRSRRRR
IA-65	SRSSSSSS	IB-26	RSSRRSSR		
IA-66	SRSSSSSR	IB-27	RSSRRSRS		
IA-67	SRSSSSRS	IB-28	RSSRRSRR	IE-1	RRRRSSSS
IA-68	SRSSSSRR	IB-29	RSSRRRSS	IE-2	RRRRSSSR
IA-69	SRSSSRSS	IB-30	RSSRRRSR	IE-3	RRRRSSRS
IA-70	SRSSSRSR	IB-31	RSSRRRRS	IE-4	RRRRSSRR
IA-71	SRSSSRRS	IB-32	RSSRRRRR	IE-5	RRRRSRSS
IA-72	SRSSSRRR	IB-33	RSRSSSSS	IE-6	RRRRSRSR
IA-73	SRSSRSSS	IB-34	RSRSSSSR	IE-7	RRRRSRRS
IA-74	SRSSRSSR	IB-35	RSRSSSRS	IE-8	RRRRSRRR
IA-75	SRSSRSRS	IB-36	RSRSSSRR		
IA-76	SRSSRSRR	IB-37	RSRSSRSS		
IA-77	SRSSRRSS	IB-38	RSRSSRSR	IF-1	RRRRRSSS
IA-78	SRSSRRSR	IB-39	RSRSSRRS	IF-2	RRRRRSSR
IA-79	SRSSRRRS	IB-40	RSRSSRRR	IF-3	RRRRRSRS
IA-80	SRSSRRRR	IB-41	RSRSRSSS	IF-4	RRRRRSRR
IA-81	SRSRSSSS	IB-42	RSRSRSSR		
IA-82	SRSRSSSR	IB-43	RSRSRSRS		
IA-83	SRSRSSRS	IB-44	RSRSRSRR	IG-1	RRRRRRSS
IA-84	SRSRSSRR	IB-45	RSRSRRSS	IG-2	RRRRRRSR
IA-85	SRSRSRSS	IB-46	RSRSRRSR		
IA-86	SRSRSRSR	IB-47	RSRSRRRS		
IA-87	SRSRSRRS	IB-48	RSRSRRRR	IH-1	RRRRRRRS
IA-88	SRSRSRRR	IB-49	RSRRSSSS		
IA-89	SRSRRSSS	IB-50	RSRRSSSR		
IA-90	SRSRRSSR	IB-51	RSRRSSRS	II-1	RRRRRRRR
IA-91	SRSRRSRS	IB-52	RSRRSSRR		

A: Raminad Str-3; B: Zenith; C: NP-125; D: Usen; E: Dular; F: Kanto 51; G: Sha-tiao-tsao; H: Caloro.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)