

Diversidade de *Magnaporthe grisea* em arroz de terras altas no sul do Estado do Tocantins, na safra 2008/09

Gil Rodrigues dos Santos^{1*}, Azelma Corrêa Fontana Cunha², Maíra Ignácio³, Manoel Delintro de Castro Neto⁴, Marcelo Rodrigues dos Reis⁵, Raimundo Wagner de Souza Aguiar⁶

RESUMO

A brusone do arroz, causada pelo fungo *Magnaporthe grisea*, é uma das mais importantes doenças orizícolas no Brasil e no mundo, principalmente em arroz de terras altas. Objetivou-se, neste trabalho, identificar as raças fisiológicas de *M. grisea* nas lavouras comerciais de arroz, cultivadas em sistema de terras altas, na região sul do Estado do Tocantins. Para isso, realizaram-se amostragens de plantas de arroz com sintomas de brusone, no campo experimental da Universidade Federal do Tocantins/Campus de Gurupi e em lavouras comerciais dos municípios de Aliança, Dueré, Figueirópolis e Peixe. Para identificação das raças de *M. grisea*, foram feitos isolamentos monospóricos em laboratório e plantio das linhagens diferenciadoras em casa de vegetação. Constataram-se 21 raças fisiológicas de *M. grisea*, distribuídas em seis grupos de raças da Série Internacional Diferenciadora, sendo IA e ID os grupos de maior prevalência, que apresentaram 52,38 e 14,28% dos isolados, respectivamente. As quatro raças mais prevalentes foram IA-1, IA-33, IC-1 e ID-9, sendo a IA-1 considerada muito agressiva. Maior número de raças foi encontrado no cultivar Primavera.

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

ABSTRACT

Diversity of *Magnaporthe grisea* in upland rice of Southern Tocantins State, Brazil

The rice blast, caused by the fungus *Magnaporthe grisea*, is one of the most important rice diseases in Brazil and in the world, mainly in upland conditions. This work aimed to identify the physiological races of *M. grisea* in commercial fields of rice cultivated in the upland system in Southern Tocantins State. Samples of rice plants containing blast symptoms were collected in the experimental field of the Federal University of Tocantins, Campus of Gurupi and commercial fields in the following municipalities: Aliança, Dueré, Figueirópolis and Peixe. For the identification of *M. grisea* races, monosporic isolates were prepared in the laboratory and differential lineages were planted in a greenhouse. A total of 21 physiological races of *M. grisea* distributed in six groups of races from the International Standard Differential (ISD), where the most prevalent groups were IA and ID, comprising 52.38% and 14.28% of all isolates, respectively. The four most prevalent races were IA-1, IA-33, IC-1 and ID-9, of which IA-1 is considered the most aggressive. The highest number of races was found in the cultivar Primavera.

Key words: *Oryza sativa* L., *Pyricularia grisea*, blast.

Recebido para publicação em 10/12/2010 e aprovado em 06/12/2012

¹Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal do Tocantins-UFT. Campus Universitário de Gurupi, Caixa Postal 66, 77402-970 Gurupi, Tocantins, Brasil. gilrsan@uft.edu.br *autor para correspondência

²Graduanda em Agronomia. Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal do Tocantins-UFT. Campus Universitário de Gurupi, Caixa Postal 66, 77402-970 Gurupi, Tocantins, Brasil. algecunha@hotmail.com

³Engenheira-Agrônoma, M.Sc. Botânica, Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal do Tocantins-UFT. Campus Universitário de Gurupi, Caixa Postal 66, 77402-970 Gurupi, Tocantins, Brasil. mairafro@yahoo.com.br

⁴Engenheiro-Agrônomo, M.Sc. Produção Vegetal, Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, Caixa Postal 66, 77402-970 Gurupi, Tocantins, Brasil. manieldelintro@uft.edu.br

⁵Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal do Tocantins-UFT. Campus Universitário de Gurupi, Caixa Postal 66, 77402-970 Gurupi, Tocantins, Brasil. reisagro@yahoo.com.br

⁶Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Biotecnologia, Universidade Federal do Tocantins-UFT. Campus Universitário de Gurupi, Caixa Postal 66, 77402-970 Gurupi, Tocantins, Brasil. rwsa@uft.edu.br

INTRODUÇÃO

A cultura do arroz apresenta ampla adaptabilidade a diferentes condições de solo e clima; entretanto, é afetada, durante todo o ciclo, por doenças que reduzem a produtividade e a qualidade dos grãos (Santos *et al.*, 2005). Dentre essas doenças, a brusone, causada pelo fungo *Magnaporthe grisea* (T.T. Hebert) M.E. Barr (anamorfo=*Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc.), é a mais importante e constitui um dos fatores limitantes da produtividade em todo o mundo, tanto do arroz de terras altas como do irrigado (Malavolta *et al.*, 2009). Os prejuízos são variáveis, sendo maiores em arroz de terras altas, cujas perdas podem chegar a 100% em situações mais drásticas (Prabhu & Filippi, 2006).

Diversas variedades resistentes são lançadas pelos centros de pesquisas ao redor do mundo; todavia, sua vida útil tem sido, em média de dois anos, pois surgem novas raças do patógeno, capazes de quebrar sua resistência (Santos *et al.*, 2005). A instabilidade da resistência dessas novas variedades é explicada por dois fatores principais: 1) a exposição inadequada dos genótipos à diversidade populacional do patógeno, durante os programas de melhoramento, pois, segundo Filippi *et al.* (1999), a diversidade patogênica é geralmente alta em campos experimentais e nos locais de testes de seleção para melhoramento de cultivares; 2) a alta variabilidade do fungo causador da doença, que possui raças fisiológicas com características de virulência distintas. De acordo com Bedendo & Prabhu (2005), diferentes raças fisiológicas ocorrem em uma única lesão produzida pelo fungo. Dessa forma, as variações de 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. Para definição de estratégias, visando a aumentar a durabilidade da resistência, é necessário o conhecimento da população do patógeno, que pode variar no tempo e no espaço, sob a influência do ambiente (McDonald & Linde, 2002). Portanto, para que um programa de melhoramento obtenha variedades de arroz de terras altas resistentes à brusone, faz-se necessário um estudo da diversidade, prevalência e identificação das raças fisiológicas de *M. grisea*, encontradas nas regiões produtoras em que as variedades serão lançadas. Objetivouse, neste trabalho, identificar as raças fisiológicas do fungo *M. grisea* e levantar informações a respeito da sua diversidade e prevalência, em campo experimental e nas lavouras comerciais de arroz de terras altas, na região sul do Estado do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de arroz de terras altas foram coletadas em campo experimental e em lavouras comerciais da região

sul do Estado do Tocantins, nos municípios de Aliança, Dueré, Figueirópolis, Gurupi e Peixe, nos anos 2008 e 2009. As coletas constituíram-se de folhas jovens dos seguintes genótipos, caracterizados como linhagem ou cultivares com as suas respectivas genealogias: 1) linhagem procedente do cruzamento Bico Curto x Puteca (genótipos de origem tradicional, coletados durante expedições, sendo inicialmente considerados acessos e que se tornaram cultivares); 2) cultivares Curinga (CT 9978-12-2-P-4 / CT 10037-56-4-M-4-1P / P 5589-1-3 P-1-1P / CT 935), Caiapó (IRAT 13 / Beira Campo / CNA X104 Py-2B / Pérola), Sertaneja (H1 (Carajás / IAC2 / Labelle) e H2 (Três Marias / IAC 253 / A8-204-1 / Guarani / IRAT 216) e Primavera (IRAT 10 / LS 85-158). Portanto, as amostras foram oriundas de genótipos com origem diversificada. As folhas foram coletadas de plantas doentes, com idade entre 20 e 50 dias, que apresentavam lesões esporulantes de *M. grisea*. Após a coleta e identificação, as amostras foram armazenadas em embalagens de papel e transportadas para laboratório, secas à sombra, em temperatura ambiente, por 24 horas, e armazenadas em refrigerador a 4°C.

Para obtenção dos isolados monospóricos, foi utilizado o método proposto por Prabhu & Filippi (2006). Foram usados apenas fragmentos de folhas com lesões típicas de brusone. Esses fragmentos, sem assepsia, foram colocados em placas de Petri estéreis, contendo guardanapos de papel umedecido em água destilada estéril (câmara úmida). As placas foram acondicionadas em câmara de crescimento (B.O.D.), em temperatura de 25°C, por 24 horas, para favorecer a esporulação do fungo nas lesões. Com o auxílio de lupa óptica e agulha de ponta fina, realizou-se a transferência de um, ou poucos conídios para placas de Petri estéreis, contendo meio de cultura ágar-água 2%. Após a transferência dos conídios, foram colocadas duas gotas de água estéril para o meio e, posteriormente, foi feito o espalhamento dos conídios com um bastão de vidro. As placas foram vedadas com fita PVC, identificadas e colocadas a 25°C, por 48 horas, em B.O.D. Após esse período, formaram-se pequenos micélios individualizados, oriundos de cada conídio, isoladamente. Pequenos blocos de ágar-água, contendo algumas hifas, foram transferidos para meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA), acrescido de antibiótico (250g batata + 20g dextrose + 20g ágar + 250mg ampicilina por litro de água) e incubados em B.O.D., por mais 14 dias, na mesma temperatura.

A identificação das raças fisiológicas de *M. grisea* foi realizada por meio da chave de identificação proposta por Ling & Ou (1969), após a inoculação dos isolados monospóricos na Série Internacional de Diferenciadoras (SID).

A fase de identificação das raças foi composta basicamente por quatro etapas:

Plantio das linhagens diferenciadoras

Foi utilizado o grupo de plantas da Série Internacional de Diferenciadoras (SID) de raças fisiológicas de *M. grisea*, constituído pelas seguintes linhagens: Raminad Str. 3, Zenith, NP-125, Usen, Dular, Kanto 51, Sha-tiao-tsoa e Caloro. As diferenciadoras foram semeadas em bandejas plásticas (38x28x7cm), preenchidas com 3,5 L de substrato comercial PLANTMAX®, utilizando-se 12 sementes por linha. Cada linha correspondeu a uma linhagem diferenciadora da SID (Atkins *et al.*, 1967). As bandejas foram mantidas em casa de vegetação climatizada (25°C), para crescimento das plântulas até o momento da inoculação, aos 25 dias. Aos 10 e 20 dias após o plantio, foram realizadas adubações de cobertura, com 2g de Ureia (45%N) por bandeja, objetivando-se a predisposição das plântulas ao ataque do fungo *M. grisea*.

Multiplicação do inóculo

A multiplicação do inóculo ocorreu simultaneamente ao desenvolvimento das diferenciadoras. Cada um dos isolados foi repicado sob condição asséptica, com auxílio de um bisturi, para placas de Petri estéreis, contendo meio BDA. Aos 12 dias após incubação em B.O.D., a 25°C, os isolados monospóricos foram submetidos a estresse, que consistiu na raspagem do micélio superficial com bastão de aço estéril. Em seguida, as placas foram acondicionadas em ambiente climatizado, com temperatura ajustada para 25°C, e cobertas por um pano crepe sob luz fluorescente contínua por 48 h, para estimular a conidiogênese.

Inoculação do patógeno nas diferenciadoras

Após a esporulação, cada placa, contendo o isolado monospórico, foi lavada com 20 mL de água destilada estéril e a superfície raspada com pincel, para desprendimento dos micélios. Posteriormente, a solução foi filtrada em gaze e os conídios foram quantificados em câmara de Neubauer. Para inoculação do fungo, a suspensão conidial foi ajustada para concentração de 3×10^5 conídios mL⁻¹. Foram distribuídos 20 mL da solução, em cada bandeja, com auxílio de um pulverizador manual e de maneira homogênea. As bandejas foram colocadas em câmara úmida, com ausência total de luz por 24 horas, a uma 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 infecção do patógeno. Em seguida, foram transferidas para uma câmara de crescimento com temperatura de 25°C e umidade relativa do ar de 70%, por cinco dias, em fotoperíodo de 12 horas.

Avaliação das reações

As avaliações foram realizadas aos sete dias após a inoculação, utilizando-se uma escala de notas de 0 a 9

(Leung *et al.*, 1988). A reação da planta foi considerada como resistente (R), quando recebeu nota de severidade menor ou igual a 3, e susceptível (S), quando a nota foi igual ou superior a 4. Durante a avaliação das reações, as bandejas que apresentaram um total de plantas com infecção menor que 30% foram descartadas e o isolado novamente inoculado em outra bandeja com a SID.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de um total de 119 isolados monospóricos, foram identificadas 21 raças fisiológicas de *M. grisea* nas regiões avaliadas (Tabela 1). Pode-se verificar que as raças identificadas estão distribuídas em seis dos nove grupos de raças possíveis para identificação por meio das diferenciadoras internacionais e conforme chave de identificação, proposta por Ling & Ou (1969). Os grupos IA e ID tiveram maior prevalência, apresentando 52,38 e 14,28% dos isolados, respectivamente (Tabela 1). O grande número de raças encontrado confirma a diversidade da virulência do patógeno causador da doença, na região.

A alta variabilidade e a diversidade do patógeno, aliadas ao ambiente favorável ao desenvolvimento da doença nas condições do Estado do Tocantins, provavelmente seja uma das razões para a quebra da resistência em curto período de tempo, em geral, menos de três anos. Deve-se considerar que a coleta de plantas doentes, procedentes de cultivares de diferentes origens favoreceu, provavelmente, a obtenção de diversas raças. Santos *et al.* (2005) constataram quebra de resistência à brusone do arroz para cultivares plantados por mais de três anos, na região do Formoso do Araguaia, sul do Estado do Tocantins. Esses autores relacionaram a quebra de resistência à alta variabilidade e à existência de grande número de raças fisiológicas do fungo *M. grisea*.

No Estado de São Paulo, constataram-se 21 raças fisiológicas de *M. grisea* de um total de 71 isolados monospóricos, sendo as raças fisiológicas mais prevalentes pertencentes aos grupos IB e ID, com frequências de 32 e 30% dos isolados, respectivamente (Malavolta *et al.*, 2009). Em Minas Gerais, Cornelio *et al.* (2003), identificaram 14 raças em 138 isolados monospóricos de *M. grisea*, provenientes de 23 amostras, em que ocorreram com maior frequência as raças IA (59%), IB (16,9%) e IC (10%). Dessa forma, observa-se que a prevalência das raças fisiológicas varia em função da região produtora de arroz em que o estudo é realizado. Possivelmente, este fato esteja relacionado com o plantio de diferentes cultivares de arroz nessas regiões, originando diversas interações genótipo-ambiente-patógeno, o que possibilita a evolução do patógeno em resposta à pressão exercida pela resistência do cultivar. Segundo VanderPlank (1982), o patógeno tem sua própria estrutura de virulência e so-

mente é influenciado indiretamente pelo hospedeiro. De forma contrária ao observado nas demais regiões do país, apenas duas raças dos grupos IB, IC e IF foram constatadas, o que corresponde a 9,52% do total para cada uma, e somente uma raça pertencente ao grupo IE (4,76% - Figura 1). Neste trabalho, não foi detectada a presença da raça fisiológica IB-9. Anjos *et al.* (2009) relataram apenas um isolado da raça IB-9, de um total de 250 isolados monospóricos, provenientes de áreas de arroz irrigado do município de Formoso do Araguaia, Estado do Tocantins.

No entanto, ressalta-se que a raça IB-9 foi considerada de alta prevalência em regiões produtoras de arroz dos Estados de Goiás, do Mato Grosso, de Minas Gerais, de Rondônia, de São Paulo e de Santa Catarina (Cornelio *et al.*, 2003; Filippi & Prabhu, 2001; Malavolta *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2009).

As quatro raças prevalentes foram IA-1, IA-33, IC-1 e ID-9, que representam 72,26% do total de ocorrências na região sul do Estado do Tocantins (Figura 1). As demais raças representam 27,74%, sendo de menor ocorrência na

Tabela 1. Raças fisiológicas de *Magnaporthe grisea* identificadas em Série Internacional de Diferenciadoras (SID), a partir de isolados obtidos em lavouras comerciais de arroz de terras altas no sul do Estado do Tocantins, safra 2008/09*

| Grupos de raças da SID (I) | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| A | B | C | D | E | F | G | H | I |
| IA - 1 | IB- 1 | IC- 1 | ID- 3 | IE- 1 | IF- 1 | - | - | - |
| IA - 17 | IB- 49 | IC- 17 | ID- 5 | - | IF- 3 | - | - | - |
| IA - 33 | - | - | ID- 9 | - | - | - | - | - |
| IA - 41 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| IA - 49 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| IA - 83 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| IA - 97 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| IA - 99 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| IA -113 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| IA -117 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| IA -121 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Σ*11(128) | 2(64) | 2(32) | 3(16) | 1(8) | 2(4) | 0(2) | 0(1) | 0(1) |

*Somatório do número de raças identificadas em cada grupo; os valores entre parênteses representam os números possíveis de raças por grupo.

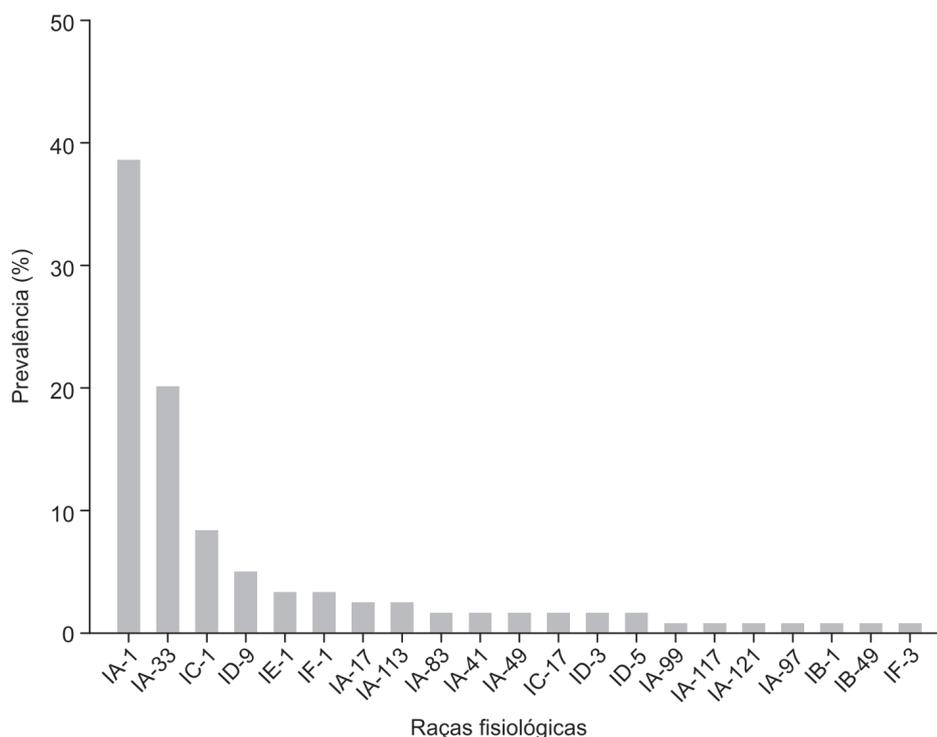


Figura 1. Raças fisiológicas de *Magnaporthe grisea* identificadas no sul do Estado do Tocantins, em ordem decrescente de prevalência (%) na safra 2008/09.

região, isto é, prevalência menor que 5%. Dentre estas, sete apresentam ocorrência menor que 1%, totalizando 5,88% do total de raças obtidas.

Com relação à ocorrência de raças de *M. grisea* na região sul do Estado do Tocantins, constatou-se que o número de raças fisiológicas teve distribuição semelhante entre os municípios analisados. A raça IA-1 ocorreu em todos os locais, com exceção do município de Dueré, sendo a mais frequente nos outros locais, exceto na estação experimental localizada em Gurupi, onde se verificou maior incidência da raça IA-33 (Tabela 2). Salienta-se que, independentemente do local de coleta, as raças do grupo IA foram as mais frequentes na região sul do Estado do Tocantins. Dessa forma, a raça IA-1 pode ser considerada a mais agressiva na região, pois, dentre as existentes é a única que pode atacar todas as linhagens diferenciadoras da série internacional. Assim, é conveniente o direcionamento de programas de melhoramento genético de arroz, objetivando a inserção de diferentes genes de resistência, podendo ser a diversificação de fontes pelo uso de cultivares geneticamente diferentes ou a utilização de multilinhas.

Com relação às raças e sua ocorrência nos genótipos, foi encontrada a seguinte distribuição: Bico Curto x Puteca: IA-1 (6), IA-33 (17), IA-41 (1), IA-49 (2), IA-97 (1); cultivar Curinga: IA-1 (11), IA-33 (3), IB-1 (1); cultivar Caiapó: IA-1 (2), IA-33 (4), IA-41 (1); cultivar Serta-

neja: IA-1 (14), IA-17 (3), IE-1 (3), IA-121 (1), IA-83 (2), IA-99 (1), IB-49 (1); cultivar Primavera: IA-1 (13), IA-113 (3), IA-117 (1), IC-1 (10), ID-9 (6), IE-1 (1), IF-1 (4), IC-17 (2), ID-3 (2), ID-5 (2), IF-3 (1). De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que o maior número de raças foi isolado do cultivar Primavera. Silva *et al.* (2009), estudando a estrutura genética e fenotípica de população de *M. grisea*, sendo quatro isolados monospóricos, no cultivar BRS Bonança, e quatro, no cultivar Primavera, em terras altas, coletados em Goiás, no período de 2001-2003, verificaram predominância da raça IF-1 para o cultivar Primavera. A alta frequência de isolados monospóricos de terras altas, patogênicos ao cultivar Primavera, demonstra a preexistência de virulência e diversidade oriundas das populações de plantios anteriores deste genótipo, pois no Tocantins este cultivar é plantado há mais de 10 anos. Segundo Kiyosawa & Shiyomi (1976), o aumento da frequência de algumas raças de *M. grisea* está altamente correlacionado com o cultivar de arroz semeado em áreas extensas. O uso extensivo e intensivo de um determinado gene de resistência em um, ou mais, cultivares de arroz exerce uma forte pressão de seleção nas populações de *M. grisea*, favorecendo o aumento rápido de uma raça com o gene de virulência correspondente. Para estes autores, a mesma explicação é aplicável também para a predominância de uma determinada linhagem genética.

Tabela 2. Ocorrência de raças fisiológicas de *Magnaporthe grisea* em municípios localizados no sul do Estado do Tocantins (Gurupi, Figueirópolis, Dueré, Peixe e Aliança), safra 2008/09

| Raça | Município | | | | |
|--------------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| | Gurupi | Figueirópolis | Dueré | Peixe | Aliança |
| IA- 1 | 6 | 13 | - | 13 | 14 |
| IA- 17 | - | - | - | - | 3 |
| IA- 33 | 17 | 7 | - | - | - |
| IA- 41 | 1 | 1 | - | - | - |
| IA- 49 | 2 | - | - | - | - |
| IA- 97 | 1 | - | - | - | - |
| IA- 113 | - | - | 3 | - | - |
| IA- 117 | - | - | 1 | - | - |
| IC-1 | - | - | 10 | - | - |
| ID-9 | - | - | 5 | 1 | - |
| IE-1 | - | - | 1 | - | 3 |
| IF-1 | - | - | 1 | 3 | - |
| IC- 17 | - | - | 2 | - | - |
| ID- 3 | - | - | - | 2 | - |
| ID- 5 | - | - | - | 2 | - |
| IF- 3 | - | - | - | 1 | - |
| IA- 121 | - | - | - | - | 1 |
| IB- 1 | - | 1 | - | - | - |
| IA- 83 | - | - | - | - | 2 |
| IA- 99 | - | - | - | - | 1 |
| IB- 49 | - | - | - | - | 1 |
| Total | 27 | 22 | 23 | 22 | 25 |

CONCLUSÕES

Existe alta variabilidade de raças fisiológicas de *M. grisea*, em arroz de terras altas, na região sul do Estado do Tocantins, sendo IA-1; IA-33; IC-1 e ID-9 as quatro raças prevalentes.

A maior frequência de raças de *M. grisea* foi constatada no cultivar Primavera.

REFERÊNCIAS

- Anjos LM, Santos GR, Dias Neto JJ, Oliveira WF & Castro Neto MD (2009) Identificação de raças fisiológicas de *Magnaporthe grisea* em áreas de arroz irrigado no Estado do Tocantins. *Tropical Plant Pathology*, 34:167-170.
- Atkins JG, Robert AL, Adair CR, Goto K, Kozaka T, Yanagida R, Yamada M & Matsumoto S (1967) An international set of rice varieties for differentiating races of *Pyricularia oryzae*. *Phytopathology*, 57:297-301.
- Bedendo IP & Prabhu AS (2005) Doenças do Arroz. In: Kimati H, Amorim L, Bergamin Filho A, Camargo LEA, Rezende JAM (Eds) *Manual de Fitopatologia*. São Paulo, Agronômica Ceres. p.79-90.
- Cornelio VMO, Soares AA, Bueno Filho JSS & Soares PC (2003) Identificação de raças fisiológicas de *Pyricularia grisea* em arroz no estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, 27:1016-1022.
- Filippi MC & Prabhu AS (2001) Phenotypic virulence analysis of *Pyricularia grisea* isolates from Brazilian upland rice cultivars. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36: 27-35.
- Filippi MC, Prabhu AS & Levy M (1999) Differential compatibility of *Pyricularia grisea* isolates with some Brazilian irrigated rice cultivars. *Fitopatologia Brasileira*, 24:447-450.
- Kiyosawa S & Shiyomi M (1976) Simulation of the process of breakdown of disease resistant varieties. *Japanese Journal of Breeding*, 26:339-352.
- Leung H, Borromeo ES, Bernardo MA & Notteghem JL (1988) Genetic analysis of virulence in the blast fungus *Magnaporthe griseae*. *Phytopathology*, 78:1227-1233.
- Ling KG & Ou SH (1969) Standardization of the international race numbers of *Pyricularia oryzae*. *Phytopathology*, 59:339-342.
- Malavolta VMA, Carquejo AP & Mendes L(2009) Variabilidade patogênica do fungo *Pyricularia grisea* no estado de São Paulo. *Summa Phytopatologica*, 35:49-51.
- Vanderplank JE (1982) *Host-pathogen interactions in plant disease*. 1ª ed.London, Academic Press. 207p.
- McDonald BA & Linde C (2002) The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. *Euphytica*, 124:163-180.
- Prabhu AS & Filippi MCC (2006) *Brusone em arroz: controle genético, progresso e perspectivas*. 1ª ed. Santo Antonio de Goiás, EMBRAPA Arroz e Feijão. 387p.
- Santos GR, Rangel PHN, Santiago CM, Leão FF, Marra B & Almeida Junior D (2005) Reação a doenças e caracteres agrônômicos de genótipos de arroz de várzeas no estado do Tocantins. *Revista Agropecuária Técnica*, 26:51-57.
- Silva GB, Prabhu AS, Filippi MCC, Trindade MG, Araujo LG & Zambolim L (2009) Genetic and phenotypic diversity of *Magnaporthe oryzae* from leaves and panicles of rice in commercial fields in the state of Goiás, Brazil. *Tropical Plant Pathology*, 34:77-86.