



Relação entre o teor de clorofila nas folhas e a severidade de brusone nas panículas em arroz de terras altas

Valácia L. Silva-Lobo, Marta Cristina C. Filippi, Gisele B. Silva, Wemerson L. Venancio & Anne S. Prabhu

Embrapa Arroz e Feijão, Cx. Postal 179, 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil

Autor para correspondência: Valácia L. Silva-Lobo, e-mail: valacia@cnpaf.embrapa.br

RESUMO

A brusone (*Magnaporthe oryzae*) é um dos principais fatores limitantes da produtividade do arroz de terras altas no Brasil. A época de plantio e o nível de adubação nitrogenada determinam o grau de severidade da brusone nas panículas. Foi realizado um experimento de campo com a cultivar BRS Bonança, visando determinar a relação entre o conteúdo de clorofila nas folhas superiores e a severidade de brusone nas panículas. O delineamento experimental foi blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas com três repetições. Os tratamentos consistiram de 12 épocas de plantios em intervalos semanais e cinco níveis de nitrogênio (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N). As leituras do teor de clorofila foram feitas na folha bandeira com um clorofilômetro. A brusone nas panículas aumentou significativamente com o aumento dos níveis de N. Houve correlação significativa e positiva entre os níveis de N e o conteúdo de clorofila na folha bandeira ($r=0,98$; $p \leq 0,01$). A relação entre a severidade de brusone nas panículas e o teor de clorofila foi linear e positiva ($r=0,99$; $p \leq 0,01$). Estes resultados mostram que o teor de clorofila pode ser incluído como variável independente no desenvolvimento de modelo matemático para a previsão de brusone nas panículas.

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

ABSTRACT

Relationship between chlorophyll content in leaves and panicle blast in upland rice

Rice blast (*Magnaporthe oryzae*) is the most important yield limiting factor of upland rice in Brazil. The nitrogen application rate and planting date determine the level of panicle blast severity. A field experiment was conducted with the cultivar BRS Bonança to establish the relationship between chlorophyll content in leaves and panicle blast severity. The layout was a randomized split plot design with three replications. The treatments included 12 planting dates at weekly intervals and five rates of nitrogen (0, 30, 60, 120 and 240 kg ha⁻¹ of N). The chlorophyll content was measured on flag leaf with a chlorophyll meter. Panicle blast severity increased significantly with the increase in nitrogen fertilization. The correlation between nitrogen rate and chlorophyll content in flag leaf was positive and significant ($r=0.98$; $p \leq 0.01$). The relationship between panicle blast severity and chlorophyll content was linear and positive ($r=0.99$; $p \leq 0.01$). The chlorophyll content in the flag leaf can be included as independent variable in the development of a mathematical model for panicle blast forecasting.

Key words: *Oryza sativa*, *Pyricularia grisea*, epidemiology.

Entre as doenças de arroz, a brusone, causada por *Magnaporthe oryzae* B. Couch [*Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc], ocupa o primeiro lugar em importância econômica. Apesar de todos os esforços de pesquisa visando o desenvolvimento de cultivares resistentes à brusone, a doença ainda permanece como um dos principais fatores limitantes de produtividade em arroz de terras altas no Brasil. Os danos são variáveis dependendo do grau de suscetibilidade da cultivar, das condições climáticas e das práticas culturais adotadas. Enquanto a brusone nas folhas causa danos indiretos na produção de grãos, pela redução da taxa de fotossíntese e respiração (Bastiaans et al., 1994), a brusone nas panículas afeta diretamente a formação e o peso dos grãos. O estado nutricional da planta é estreitamente relacionado com a severidade de brusone. As doses e a forma de aplicação de nitrogênio (N) podem influenciar a severidade da brusone (Ou, 1987; Zambolim

& Ventura, 1993). Estudos realizados em solução nutriente mostraram que a suscetibilidade de arroz é maior quando o N é aplicado na forma de nitrato (NO₃) do que na forma amoniacal (NH₄) (Webster & Gunell, 1992). A doença nas folhas e nas panículas aumenta com doses elevadas de N em arroz de terras altas (Faria et al., 1982; Santos et al., 1986; Prabhu et al., 1996). Foi observada correlação positiva entre o conteúdo de N nos tecidos das panículas e a severidade de brusone nas mesmas (Filipi & Prabhu, 1998). Por meio de estudo realizado em 11 lavouras de arroz de terras altas nos municípios de Goiatuba e Itumbiara, no Estado de Goiás, foi estabelecida uma relação quadrática entre a brusone nas folhas, na fase de emborrachamento, e a porcentagem de panículas afetadas com brusone no pescoço, no estágio de grãos pastosos, indicando que a brusone nas folhas fornece inóculo para a infecção da panícula (Prabhu & Faria, 1982).

O manejo de doenças de plantas com o emprego de sistema de previsão visando determinar o número e a época de aplicação de fungicidas vem sendo utilizado na agricultura moderna. A incidência e a severidade da brusone nas panículas são imprevisíveis e o calendário das aplicações de fungicidas sistêmicos compõe-se de uma aplicação na época da emissão das panículas e outra dez dias após. O sistema de previsão de brusone pode contribuir grandemente na redução do uso de fungicidas pelos agricultores e, da mesma forma, reduzir os custos de produção. Entretanto, um grande número de fatores restringiu a sua adoção (Barreto et al., 2004).

Muitos métodos de previsão são baseados na quantidade de inóculo viável e nas condições climáticas durante o crescimento e o desenvolvimento da cultura. A relação entre as condições climáticas e a brusone é complexa e a previsão de doença é baseada na combinação de diversos fatores. Calvero et al. (1996) desenvolveram equações de regressão baseadas em dias consecutivos com umidade relativa $\geq 80\%$, número de dias com precipitação ≥ 84 mm dia⁻¹, temperatura média, máxima e mínima e número de dias com velocidade dos ventos superior a 3,5 m s⁻¹. Diversos modelos de simulação têm sido desenvolvidos para desenhar o sistema de previsão de brusone nas folhas e panículas, baseando-se em dados climáticos (Ishiguro, 1994; Park et al., 1998).

Os modelos existentes foram desenvolvidos para condições completamente diferentes das prevalentes na região Centro-Oeste, necessitando de adaptações, em razão da pouca aplicabilidade para as condições locais. Outra dificuldade na aplicação dos modelos baseados em dados climáticos é que torna-se essencial que as informações climáticas inseridas nos modelos sejam coletadas dentro das propriedades em estudo. Os dados meteorológicos registrados nas estações não representam os dados microclimáticos que prevalecem na lavoura. A disponibilidade de estações meteorológicas nas regiões produtoras para monitoramento de clima constitui outro obstáculo para implantação de sistema de previsão. Não é possível extrapolar dados entre locais e nem entre diferentes épocas de cultivo. O próprio agricultor deve ser conscientizado quanto ao risco de uso de agrotóxicos e de que as doenças não ocorrem por acaso e, ainda, que existem condições que favorecem ou prejudicam o seu desenvolvimento. Em geral, as informações são monitoradas, analisadas, interpretadas por cientistas e fornecidas para os agricultores que tomarão as decisões quanto a aplicar ou não fungicidas. A probabilidade de sucesso de se adotar este sistema é muito pequena e, conseqüentemente, tem pouca credibilidade e adesão. Deve ser desenvolvido um sistema em que o próprio agricultor colete os dados com base no estado nutricional da planta, independentemente de clima, para prever com antecedência a aplicação ou não de fungicida para o controle de brusone nas panículas. São poucos os sistemas de previsão que utilizam somente informações a respeito do hospedeiro para prever a ocorrência de doenças (Barreto et al., 2004).

A característica epidemiológica da brusone nas panículas é diferente da brusone nas folhas, embora os dois sub-patossistemas sejam policíclicos. O inóculo inicial, as condições climáticas, a época de plantio e a quantidade de adubo nitrogenado aplicados no plantio e em cobertura, determinam a epidemia da brusone nas folhas. Por outro lado, o inóculo não se constitui em fator limitante e os estudos anteriores demonstram que o inóculo produzido nas lesões das folhas aumenta em escala exponencial até a emissão das panículas. As condições climáticas nos meses de fevereiro a abril, em que a maioria das lavouras está nos estádios críticos (grãos leitosos e pastosos), são favoráveis para infecção de ramificações das panículas. As severidades médias de brusone nas folhas e panículas foram correlacionadas em cultivares de arroz de terras altas (Prabhu & Filippi, 2006), sendo estabelecida uma relação entre a severidade de brusone nas folhas e o conteúdo de clorofila em um estudo realizado com as cultivares Primavera e Carajás.

A determinação do conteúdo de N nas folhas utilizando clorofilômetro é um método simples, mas a relação entre a concentração de N e os valores de clorofila depende do estágio fisiológico da cultivar. A análise com método convencional de N como Kjeldahl é oneroso e o método é destrutivo. A avaliação do conteúdo de clorofila com aparelho SPAD Minolta 502 é simples, rápida e utilizada com sucesso em várias culturas, inclusive o arroz (Silva & Prabhu, 2004).

Não existe um modelo simples e prático para previsão da brusone nas panículas, capaz de indicar a necessidade ou não de aplicação de fungicidas. Um dos pré-requisitos para o desenvolvimento de um modelo matemático para prever a brusone nas panículas, com base nas informações sobre o hospedeiro, independentemente de condições climáticas, requer o estabelecimento da relação entre o conteúdo de clorofila nas folhas superiores e a severidade de brusone nas panículas.

Com o objetivo de determinar a relação entre o conteúdo de clorofila nas folhas superiores de plantas de arroz e a severidade de brusone nas panículas, foi realizado um experimento de campo com a cultivar BRS Bonança, suscetível à brusone, em solo de Cerrado no município de Santo Antônio de Goiás. Foram feitos plantios semanais, totalizando 12 épocas, em blocos ao acaso com esquema de parcelas subdivididas e três repetições no ano agrícola 2005-2006. As parcelas principais incluíram cinco níveis de adubação nitrogenada em cobertura (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N) aplicados metade na ocasião da semeadura e o restante como cobertura aos 42 e 56 dias após o plantio. A adubação, na ocasião da semeadura, incluiu 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (264 kg ha⁻¹ de superfosfato simples) e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (96 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio).

As subparcelas consistiram de 12 épocas de plantio, sendo o primeiro plantio feito em 09/11/2005. Cada subparcela foi constituída por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,35 m entre linhas e densidade

de semeadura de 90 sementes por metro. Os perfilhos com as panículas emitidas na mesma época, totalizando 20 por parcela, foram previamente marcados com etiquetas.

As leituras do teor de clorofila foram feitas na folha bandeira nestes perfilhos com um clorofilômetro (Minolta SPAD-502), posicionando o aparelho no terço superior de cada folha aberta. O SPAD-502 determina o conteúdo relativo de clorofila presente na folha através da medida de absorvância em duas LEDS (lâmpadas utilizadas para medição) com comprimento de onda de 650 nm (vermelho) e 940 nm (infravermelho). Utilizando esses dois picos de absorvância, o aparelho calcula o teor de clorofila presente na folha (Spectrum Technologies INC., Planfiled, IL).

A severidade de brusone nas panículas foi avaliada 15 dias após a emissão das panículas e 10 dias antes da colheita. Foi utilizada uma escala de seis níveis (0; 5; 25; 50; 75 e 100% de espiguetas afetadas) para a determinação da severidade de brusone nas panículas. A severidade média de brusone nas panículas foi calculada pela fórmula BP (%) = $\sum (\text{valor de classe} \times \text{frequência}) / \text{número total de panículas}$. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, utilizando o programa estatístico SPSS versão

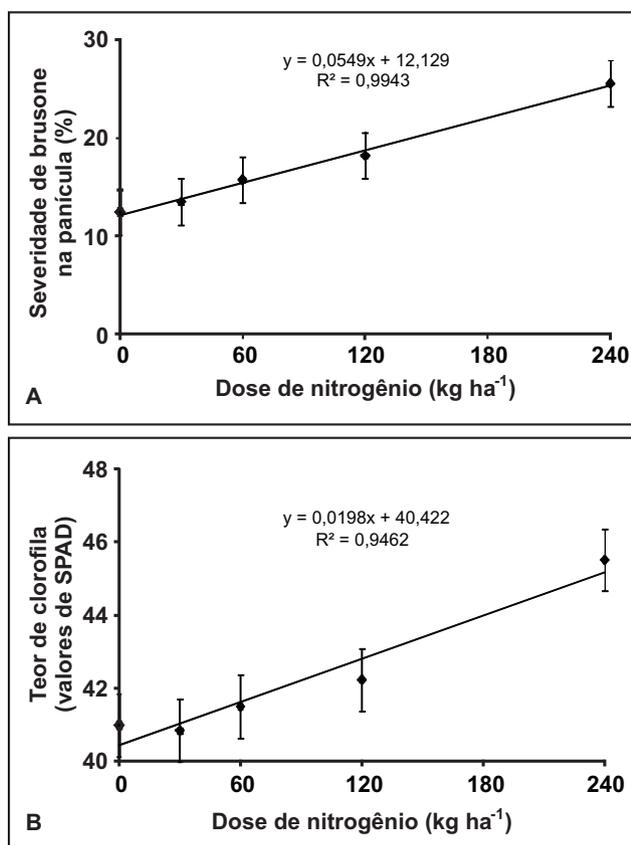


FIGURA 1 - A. Relação entre adubação nitrogenada e a brusone nas panículas; **B.** Relação entre os níveis de nitrogênio aplicados no solo de cerrado e o teor de clorofila na folha bandeira na cultivar de arroz BRS Bonança. Os dados representam médias de 12 épocas de plantio e três repetições.

16.0. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A severidade da brusone nas panículas e o conteúdo de clorofila nas folhas em relação aos níveis de N e épocas de plantio foram significativos. As maiores doses (120 e 240 kg ha⁻¹ de N) aumentaram a severidade de brusone nas panículas significativamente em relação às doses 0, 30 e 60 kg ha⁻¹ de N.

A correlação entre os níveis de adubação nitrogenada aplicados no solo e a brusone nas panículas foi positiva e linear (Figura 1A). Estes resultados estão de acordo com estudos realizados em arroz de terras altas (Faria et al., 1982; Santos et al., 1986; Prabhu et al., 1996). A brusone nas panículas aumentou significativamente com adubação superior a 30 kg ha⁻¹ de N na cultivar IAC 47, em ambos os anos de experimento. A produtividade diminuiu em condições de período prolongado de seca quando aplicados níveis acima de 15 kg ha⁻¹ de N no sulco, na ocasião do plantio (Faria et al., 1982). O N causa alterações na fisiologia da planta, afetando o seu crescimento, bem como a virulência do patógeno, por meio de modificação do ambiente biótico e abiótico (Huber & Thompson, 2007). Segundo estes mesmos autores, muitos constituintes da planta, como aminoácidos, fenóis, ácido nucléico, N total, proteína, e a razão entre carboidrato e N são correlacionadas com a resistência ou a suscetibilidade à doença. A dose mais alta de N (240 kg ha⁻¹) aumentou significativamente o conteúdo de clorofila na folha bandeira, comparado com as outras doses (0; 30; 60; 120 kg ha⁻¹ de N). A correlação entre os níveis de N aplicados no solo e o conteúdo de clorofila na folha bandeira foi significativa e a clorofila aumentou linearmente com o aumento da dose de N (Figura 1B). O N é essencial para o processo de fotossíntese, pois faz parte de todas as moléculas de clorofila que absorvem a luz. O anel de tetrapirrol fornece a cor verde da clorofila e o termo “clorótico” sugere a ausência de verde, uma manifestação típica de deficiência de N que reflete na função da clorofila dentro dos cloroplastos (Rice, 2007).

A severidade da brusone nas panículas foi significativamente menor nas três últimas épocas de plantio (Figura 2), confirmando os resultados anteriores. Os níveis variáveis de severidade de brusone nas panículas, considerando médias de cinco níveis de N, em diferentes épocas de plantio, mostraram sua importância como uma das variáveis a ser utilizada nos modelos de previsão de brusone. No presente experimento, as severidades de brusone nas panículas observadas nos tratamentos, utilizando diferentes doses de N e épocas de plantio, permitiram correlacionar a severidade da brusone com o conteúdo de clorofila na folha. A relação entre o teor de clorofila e a severidade de brusone nas panículas foi linear e positiva (Figura 3). A brusone nas panículas pode ser estimada com base na equação: $\hat{y} = 2,254x - 77,774$, em que \hat{y} = severidade de brusone nas panículas, em porcentagem, e x = conteúdo de clorofila na folha bandeira. Este modelo explicou 98,4% da variabilidade na severidade de brusone nas panículas e foi

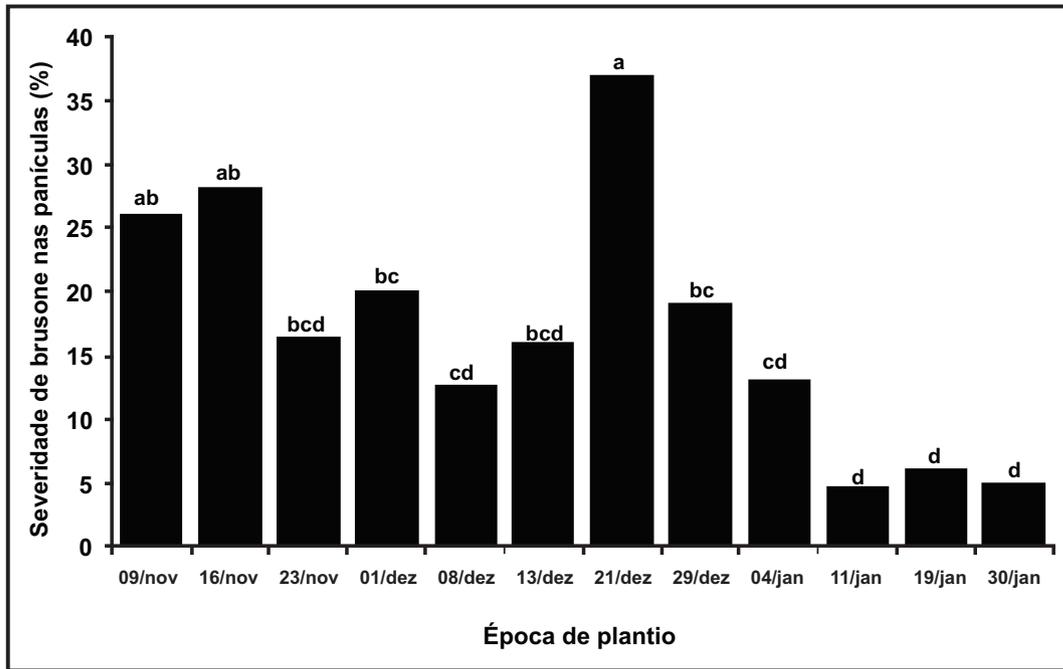


FIGURA 2 - Severidade de brusone nas paniculas em relação à época de plantio, considerando médias de cinco níveis de N. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

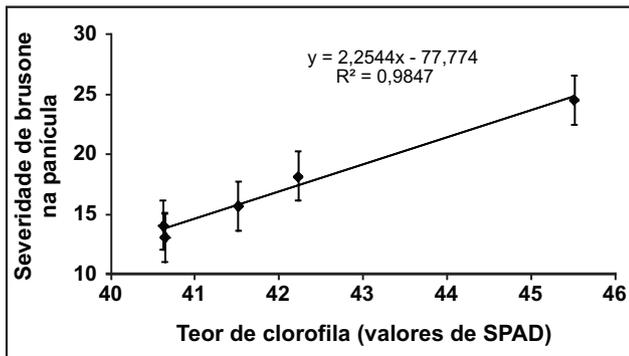


FIGURA 3 - Relação entre o teor de clorofila na folha bandeira e a severidade de brusone nas paniculas, na cultivar de arroz BRS Bonança. Cada ponto representa 36 observações de brusone na panícula e 720 leituras de clorofila na folha bandeira.

derivado dos dados nas parcelas da cultivar BRS Bonança em campo. Este modelo de ponto crítico para estimação de brusone nas paniculas com base nos dados de teor de clorofila nas folhas não implica em menor importância dos fatores climáticos.

O teor de clorofila deve ser incluído como uma das variáveis independentes no desenvolvimento do modelo matemático para previsão de brusone nas paniculas. Uma equação de regressão múltipla para previsão do índice de brusone no pescoço da panícula, no Irã, foi obtido quando a quantidade de N aplicada, a data de plantio e o espaçamento entre plantas foram incluídos como variáveis independentes

em um estudo realizado com arroz irrigado (Mousanejad et al., 2009). No Brasil, os estudos epidemiológicos mostraram que as temperaturas médias de 30°C durante o dia e os períodos prolongados de orvalho proporcionaram maiores infecções nas folhas (Prabhu & Filippi, 2006).

O presente estudo demonstrou a importância da clorofila como um dos fatores importantes no desenvolvimento de modelos matemáticos de previsão e que a mesma pode ser incluída como variável independente nestes modelos. A equação de regressão desenvolvida neste trabalho para previsão de brusone com base no teor de clorofila é válida somente para a cultivar BRS Bonança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barreto M, Ribeiro do Vale FX, Anderson Paul P, Sealope EAG, Andrade, DA (2004) Sistemas de previsão e estação de aviso. In: Ribeiro do Vale FX, Jesus Junior WC, Zambolim L. (Eds.) Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de planta. Viçosa. UFV. pp. 243-256.
- Bastiaans L, Rabbinge R, Zadoks JC (1994) Understanding and modeling leaf blast effects on crop physiology and yield. In: Ziegler RS, Leong SA, Teng PS (Eds.) Rice blast disease. Wallingford. CAB International. pp. 357-380.
- Calvero SB Jr, Coakley SM, Teng PS (1996) Development of empirical forecasting models for rice blast based on weather factors. Plant Pathology 45:667-678.
- Faria JC, Prabhu AS, Zimmermann FJP (1982) Efeito da fertilização com fungicida sobre a brusone e produtividade do arroz de sequeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira 17:847-852.

- Filippi MC, Prabhu AS (1998) Relationship between panicle blast severity and mineral nutrient content of plant tissue in upland rice. *Journal of Plant Nutrition* 21:1577-1587.
- Huber DM, Thompson IA (2007) Nitrogen and plant disease. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM (Eds.) *Mineral nutrition and plant disease*. Saint Paul. APS Press. pp. 31-44.
- Ishiguro K (1994) Using simulation models to explore better strategies for the management of blast disease in temperate rice pathosystems In: Ziegler RS, Leong SA, Teng PS (Eds.) *Rice blast disease*. Wallingford. CAB International. pp. 381-408.
- Mousanejad S, Alizadeh A, Safaie N (2009) Effect of weather factors on spore population dynamics of rice blast fungus in Guilan Province. *Journal of Plant Protection Research* 49:319-329.
- Ou SH (1987) *Rice diseases*. 3th Ed. Kew. Commonwealth Mycological Institute.
- Park EW, Kim KR, Kim SK, Hong SS, Yang JS (1998) An information delivery system for implementation of a forecasting system for rice blast development based on real-time weather data. *Agricultural Information Technology in Asia and Oceania* 1:119-124.
- Prabhu AS, Faria JC (1982) Relacionamentos quantitativos entre brusone nas folhas e paniculas e seus efeitos sobre enchimento e peso de grãos em arroz de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 17:219-223.
- Prabhu AS, Filippi MCC (2006) Resistência da cultivar no manejo integrado da brusone. In: Prabhu AS, Filippi MCC (Eds.) *Brusone em arroz: controle genético, progresso e perspectivas*. Santo Antônio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão. pp. 323-387.
- Prabhu AS, Filippi MC, Zimmermann FJP (1996) Genetic control of blast in relation to nitrogen fertilization in upland rice. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 31:339-347.
- Rice RW (2007) The physiological role of minerals in the plant. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM (Eds.) *Mineral nutrition and plant disease*. Saint Paul. APS Press. pp. 9-29.
- Santos AB, Prabhu AS, Aquino ARL, Carvalho JRP (1986) Épocas, modos de aplicação e níveis de nitrogênio sobre brusone e produtividade de arroz de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 21:697-707.
- Silva GB, Prabhu AS (2004) Progresso da brusone nas folhas no plantio direto e convencional de arroz de terras altas. *Fitopatologia Brasileira* 29:316-318.
- Webster RK, Gunnell PS (1992) *Compendium of rice diseases*. Saint Paul. APS Press.
- Zambolim L, Ventura JA (1993) Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral das plantas. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 1:275-318.

TPP227 - Recebido 13 December 2010 - Aceito 24 February 2012
Editor de Seção: Lilian Amorim