

INFLUÊNCIA DE FONTES DE SILÍCIO SOBRE A INCIDÊNCIA E SEVERIDADE DE DOENÇAS E PRODUTIVIDADE DO ARROZ IRRIGADO

INFLUENCE OF SILICON SOURCES ON DISEASE INCIDENCE AND SEVERITY AND YIELD OF PADDY RICE

Gil Rodrigues dos SANTOS¹; Gaspar Henrique KORNDÖRFER²; Joênes Mucci PELÚZIO¹; Julcemar DIDONET³; José Carlos Dias REIS FILHO³; Nilza de Souza CÉSAR³

RESUMO: Vários fatores podem afetar negativamente a lavoura de arroz, entre eles, as doenças são motivo de grande preocupação para os produtores, pois diminuem a produtividade e prejudicam a qualidade dos grãos. A adubação com silício tem demonstrado eficiência no controle ou redução da incidência de várias doenças importantes do arroz. Para tanto foi instalado um experimento no Município de Formoso do Araguaia (GO) utilizando a cultivar “Javaé,” suscetível às principais doenças do arroz visando estudar o efeito do Si no controle de doenças e produtividade. O delineamento experimental utilizado foi o em blocos ao acaso com sete tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram: testemunha, sem aplicação de silício; silicato importado (Albright & Wilson); MB4; Silifétil AF; Serpentinó; Talco friável e Anfibólito. Após o preparo do solo, as diferentes fontes foram aplicadas na dose de 4000 kg.ha⁻¹ e incorporadas na profundidade de aproximadamente 10-15 cm. O silicato importado (Albright & Wilson) foi capaz de reduzir a brusone foliar e a incidência de mancha dos grãos em relação a testemunha. A fonte de Si Albright & Wilson também foi a única que proporcionou aumentos significativos na produtividade de arroz, resultando em 84% a mais de grãos de arroz (1880 kg ha⁻¹) comparativamente a testemunha. As demais fontes de Si não diferiram da testemunha.

UNITERMOS: Silicato, Escória, Mancha-parda, Brusone das folhas, Brusone das panículas, Mancha dos grãos

INTRODUÇÃO

O arroz irrigado é considerado a principal cultura do Estado do Tocantins, pois além de representar alimento básico da população tem papel importante, tanto do ponto de vista social, gerando empregos e fixando o homem no campo, como também no aspecto econômico, gerando divisas para o estado. Atualmente, o Tocantins é o terceiro maior produtor nacional, com uma área plantada em torno de 65.000 ha, porém o seu potencial é imenso, pois apresenta condições de solo e clima bastante favoráveis ao cultivo do arroz irrigado.

Vários fatores podem afetar a lavoura de arroz, entre eles as doenças são motivo de grande preocupação para os produtores, pois diminuem a produtividade e

afetam a qualidade dos grãos. O clima quente e úmido favorece o aumento da severidade da maioria das enfermidades. Entre elas, as mais importantes para o Tocantins são: brusone, queima das bainhas e mancha de grãos. Atualmente, as doenças do arroz estão sendo manejadas através do uso de cultivares resistentes e fungicidas. Entretanto, no Tocantins, esta resistência adquirida não dura mais do que dois anos após o lançamento das cultivares. Isto acontece principalmente devido à alta pressão de doenças verificadas na região. Os gastos com defensivos empregados no controle de doenças, pragas e ervas daninhas podem chegar a representar até 39% do custo total da produção.

Produtos mais sustentáveis e menos poluentes estão sendo buscados. O silício pode reduzir a severidade

¹ Professor. Universidade Federal do Tocantins. Caixa Postal 66.CEP.77402-970 - Gurupi-TO

² Professor Titular, Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias. Caixa Postal 593. 38400-902 - Uberlândia/MG. Bolsista doCNPq. E-mail: ghk@triang.com.br (autor para correspondência).

³ Aluno do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Tocantins. Caixa Postal 66. CEP. 77402-970 - Gurupi-TO

Received: 24/10/02

Accept: 06/02/03

de várias doenças de importância econômica, tais como brusone, mancha parda, escaldadura das folhas, entre outras (CORREA-VICTORIO et al., 2001; DATNOFF et al., 1991, 1992, 1997; KORNDÖRFER et al., 1999; PRABHU et al., 2001; SEEBOLD et al., 2000; WINSLOW, 1992). Por outro lado, a maioria dos solos tem quantidades consideráveis de silício, mas plantios consecutivos podem reduzir este elemento necessitando suplementação para aumentar a produtividade (DATNOFF et al., 2001). Embora o silício não seja um elemento essencial, a sua aplicação pode aumentar o crescimento, desenvolvimento e produtividade de diversos cereais, principalmente o arroz, e muitas outras plantas dicotiledôneas (BELANGER et al., 1995; SAVANT et al., 1997). A aplicação de silício antes do plantio pode eliminar ou reduzir o número de aplicações com fungicidas durante o ciclo da cultura (DATNOFF et al., 2001). A incidência de doenças é menor quando o teor de Si no tecido da planta é maior (DATNOFF et al., 1991; OSUNA-CANIZALES et al., 1991). Pesquisas mais recentes realizadas em solos orgânicos no Sul da Flórida demonstraram que a adubação com Si reduziu a incidência da brusone em 17 a 31% e da helmintosporiose de 15 a 32% em relação ao tratamento que não recebeu Si (DATNOFF et al., 1991). Todas as medidas que reduzem o teor de silício nos tecidos da planta como a aplicação de elevadas doses de nitrogênio aumentam a suscetibilidade da planta de arroz à brusone (SAVANT et al., 1997). O efeito do Si sobre as doenças do arroz é ainda mais marcante quando o mesmo é aplicado no solo associado a doses elevadas de nitrogênio (DATNOFF et al., 1991).

As escórias variam consideravelmente quanto aos teores de Si. Uma boa fonte de silício para as plantas deve em princípio atender as seguintes características: possuir altos teores de Si solúvel e disponibilidade imediata (alta reatividade); possuir boas propriedades físicas tais como granulometria fina e facilidade de aplicação (densidade alta); possuir efeito residual prolongado; possuir baixos teores de elementos contaminantes (metais pesados e radioativos); possuir depósitos/jazidas próximas do mercado consumidor e finalmente e talvez o mais importante, possuir baixo custo (KORNDORFER et al., 2002).

As escórias, por terem em sua composição quantidades expressivas de Si, podem ser utilizadas como fonte deste elemento para as plantas uma vez que cultivos consecutivos reduzem o nível de Si no solo. As escórias silicatadas tem sido empregadas como fonte de Si para as plantas. Entretanto estes materiais contém contaminantes que podem influenciar negativamente pela

acumulação no solo e contaminação de plantas. As escórias de siderurgia são provenientes da reação da sílica do minério de ferro com o cálcio do calcário no alto forno, resultando em silicato de cálcio com impurezas. Este material fundido é resfriado ao ar, na água, seco e moído, apresenta cor escura e é muito denso.

O material contendo Si deve ser aplicado na forma de pó (bem moído), porque o produto pouco moído "coarse" não tem apresentado sucesso na agricultura (DATNOFF et al., 1992). Além disto, o silicato não é considerado como fertilizante nas leis brasileiras e, portanto, não tem sua qualidade legalizada por lei. Os compradores (produtores) devem estar seguros de que o produto possui granulometria inferior a 60 mesh (malhas/polegada quadrada) antes de efetuar a compra. Datnoff et al. (1992) observaram que quanto menor a granulometria do material (silicato), maior foi a absorção do Si e menor a severidade da brusone e da mancha parda no arroz irrigado. O tamanho da partícula está associado ao aumento da área superficial, com isso a distribuição e a dissolução das partículas no solo é aumentada e a probabilidade de contato com a raiz também aumenta.

Várias escórias ou subprodutos de processos industriais têm sido usados como fertilizantes silicatados. Entretanto, há uma variação grande na composição e disponibilidade de Si dessas escórias para a cultura do arroz. Por exemplo, Takahashi (1981) determinou que a disponibilidade de Si era maior em escórias que tinham sido esfriadas lentamente ao ar, quando comparados com escórias esfriadas em água e que a disponibilidade de Si aumentava com a diminuição no tamanho dos grânulos. Determinou também que a relação Ca:Si afeta a disponibilidade do Si, sendo que uma relação maior que 1,0 favorece a absorção de Si pela planta.

O presente trabalho teve por objetivo identificar fontes de silício agronomicamente eficientes para plantas de arroz cultivadas em condições irrigadas (inundação), assim como verificar seu efeito no controle das principais doenças e da produtividade do arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado no Município de Formoso do Araguaia, no Campo de Apoio à Pesquisa e Desenvolvimento Agrícola do Tocantins (CAPDT) localizado no Projeto Formoso, Tocantins. Após a aração e gradagem foi realizada a adubação com 400 kg ha⁻¹ da fórmula 05-25-15 (N-P₂O₅-K₂O) e o plantio no espaçamento entre sulcos de 17cm semeando-se o equivalente a 100 sementes/metro linear. As parcelas experimentais tiveram dimensões de 2 x 5m (10 m²). A

cultivar de arroz foi a “Javaé,” (suscetível às principais doenças) a qual foi cultivado sob uma lâmina de água de aproximadamente 15cm de altura, a partir dos 25 dias após a emergência das plantas.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso com 7 tratamentos e 5 repetições. Os

tratamentos utilizados foram: testemunha (sem aplicação de Si); silicato importado (Albright & Wilson); MB4; escória alto forno (Silifétil - AF); serpentinito (SAMA); talco friável e anfibólito. A origem e a composição dos materiais utilizados encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1. Origem e composição dos materiais usados como fontes de Si

| Origem das Fontes | Si Total* | SiO ₂ Total* | SiO ₂ ** Lix.24h | CaO Total | MgO Total |
|------------------------|--------------|----------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| | -----% | -----% | ---mg--- | -----% | -----% |
| Silicato Ca (A&W) | 21,6 | 46,3 | 40,7 | 44,0 | 0,6 |
| Anfibólito | 27,3 | 58,2 | 5,0 | 2,2 | 5,3 |
| MB-4 | 22,6 | 48,0 | 4,2 | 2,2 | 19,1 |
| Serpentinito (SAMA) | 21,2 | 45,2 | --- | --- | --- |
| Escória AF (Silifétil) | 19,7 | 42,0 | 17,1 | 40,0 | 9,0 |
| Talco Friável | 28,2 | 60,1 | 4,6 | 0,5 | 31,8 |

*Resultados fornecidos pelos fabricantes;

** Si potencialmente “solúvel” - Método realizado na Universidade da Flórida (DATNOFF et al., 2001)

Uma amostra de cada fonte foi analisada quanto ao Si potencialmente “disponível” para as plantas (SiO₂ lixiviado em 24 horas) através de um procedimento de análise que consistiu em pesar 10 g do material (fontes) e juntar com 1g de polietileno. Colocaram-se ambos sobre uma coluna de lixiviação onde se faz passar uma solução Tampão Tris (pH 7,0). Depois de 24 horas, recolheu-se o lixiviado e determinou-se a concentração de SiO₂, usando bomba peristáltica por 56 horas (SNYDER, 2001).

Após o preparo do solo, as diferentes fontes de Si foram aplicadas a lanço na dose equivalente a 4000 kg ha⁻¹. A incorporação das fontes no solo foi feita na profundidade de aproximadamente 10 a 15 cm. O controle das plantas daninhas foi realizado com a aplicação do herbicida oxadiazon (2,5 L/i.a./ha) em pré-emergência e benzon (1,2L/i.a./ha) em pós-emergência. Durante toda condução do ensaio não foi feita aplicação de fungicidas.

Avaliação de doenças:

Avaliaram-se a severidade das doenças: mancha-parda (*Cochliobolus miyabeanus*), brusone (*Pyricularia grisea*) nas folhas e mancha dos grãos (*Bipolaris*, *Phoma*, *Curcularia*, *Fusarium*, etc) a incidência de brusone das panículas e mancha dos grãos. A avaliação da severidade da brusone nas folhas foi feita em todas as plantas de cada parcela baseando-se em notas visuais conforme a escala proposta pelo Centro

Internacional de Agricultura Tropical - CIAT (1983), sendo: (0) ausência de doença; (1) <1% da área do tecido doente; (3) 1 a 5% da área do tecido doente; (5) 6 a 25% da área do tecido doente; (7) 26 a 50% da área do tecido doente; (9) >50% da área do tecido doente. A amostragem destas duas doenças para avaliação consistiu na observação visual de toda a parcela experimental. A severidade da brusone nas folhas foi avaliada 48 dias após o plantio e da mancha-parda foi obtida no florescimento.

A severidade de mancha dos grãos foi obtida atribuindo-se notas de acordo com Santos et al. (2000), onde: (0) ausência de lesões; (1) Pontuações do tamanho da cabeça de um alfinete; (2) Manchas bem definidas com 25 a 50% de área manchada; (3) 51 a 75% de área coberta com mancha; e (4) 76 a 100% da área doente. Para esta avaliação foram coletadas 10 panículas aleatórias por parcela, onde foi feita a degrana e mistura dos grãos. Posteriormente, fez-se amostragem de 100 sementes por parcela para atribuição das notas. Para brusone das panículas foram coletadas 40 panículas por parcela, aproximadamente 10 dias antes da colheita. A incidência da brusone nas panículas em porcentagem baseou-se na proporção entre o número de panículas doentes e o total de panículas avaliadas (200 sementes por parcela). Os valores em porcentagem de incidência das manchas dos grãos foram transformados em arcoseno

$(x + 0,5)^{1/2}$ e os de notas de severidade das manchas dos grãos foram transformados em $(x + 0,5)^{1/2}$.

A produtividade foi medida nas três linhas centrais de cada parcela e, após a pesagem os dados foram transformados em kg ha^{-1} e ajustados para 13% de umidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nenhuma das fontes de Si diferenciou da testemunha para o controle de mancha parda na folha bandeira, incidência de brusone nas panículas e severidade de mancha dos grãos (Quadro 2). Na dose utilizada de 4000 kg ha^{-1} apenas o silicato importado (Albright & Wilson) foi mais eficiente que a testemunha para o controle da brusone foliar e incidência de mancha dos grãos. Os resultados quanto ao efeito do silício sobre a redução em severidade da brusone estão de acordo com os obtidos nos trabalhos realizados em solos orgânicos no Estado da Flórida, EUA, por Datnoff et al. (2001). Segundo esses autores estas doenças tendem a diminuir com o aumento da concentração de silício no tecido foliar. O aumento significativo de produtividade do arroz com a

aplicação de Si (Figura 1) confirmam os relatos anteriores de Datnoff et al. (1991, 1992), Deren et al. (1994) e Seebold et al. (2000). O Si absorvido pela planta é depositado principalmente na parede celular, abaixo da cutícula, aumentando a rigidez da célula (ADATIA; BESFORD, 1986), e podendo elevar os conteúdos de hemicelulose e lignina da parede celular (LEE et al., 1990). Segundo Ou (1975), normalmente as plantas que apresentam alto teor de silício em seus tecidos são menos infectadas pela brusone e o aumento na dose aplicada também aumenta a resistência à doença. De acordo com este mesmo autor a brusone é mais severa em arroz cultivado em terras altas (sequeiro) do que quando o mesmo é plantado em condições de inundação, possivelmente devido os solos inundados acumularem mais silício e também devido o cultivo em terras altas proporcionar um microclima mais favorável à doença. Estudos ultra-estruturais desenvolvidos por Woloshuk et al. (1983) revelaram que o fungo *Pyricularia grisea* penetra pela cutícula da planta passando pela parede celular. Quando ocorre inibição do apressório o patógeno não consegue penetrar.

Quadro 2. Efeito de diferentes fontes de Si sobre a severidade de mancha-parda na folha-bandeira, severidade da brusone nas folhas, incidência da brusone das panículas, incidência e severidade de mancha dos grãos do arroz irrigado, cv. Javaé, no Projeto Formoso, Tocantins, safra 1999-2000

| Tratamentos* | Severidade mancha-parda (% de lesões na folha - bandeira) | Severidade brusone foliar (notas 0-9) | Incidência brusone panículas (% panículas) | Mancha dos grãos | |
|---------------|--|--|---|-----------------------------------|---------------------------|
| | | | | Incidência (% grãos manchados) | Severidade (notas 0-4) |
| Testemunha | 36,2a | 5,4 a | 3,4ab | 26,0 a | 2,2a |
| A&W (EUA) | 37,2a | 2,0 b | 1,3 b | 13,2 b | 1,2a |
| MB4 | 36,8a | 4,2ab | 2,3ab | 22,4ab | 2,2a |
| Silifétil | 40,2a | 3,5ab | 1,8ab | 22,2ab | 1,8a |
| Serpentinito | 36,9a | 4,6 a | 2,2ab | 22,0ab | 1,8a |
| Talco friável | 45,2a | 5,0 a | 4,2 a | 19,2ab | 2,0a |
| Anfibolito | 31,4a | 5,8 a | 3,6 a | 22,4ab | 2,2a |
| C. V. (%) | 20,1 | 12,7 | 18,6 | 16,6 | 11,4 |

* Valores seguidos de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%

A fonte de Si Albright & Wilson (A&W) foi a única que proporcionou aumentos significativos na produtividade em relação à testemunha (Figura 1). Foram produzidos 1880 kg ha^{-1} ou 84% a mais de grãos se comparado com o tratamento testemunha. As demais fontes de Si não diferiram da testemunha (Figura 1). Estas

não deveriam ser recomendadas como fonte de Si porque apresentam Si de baixa solubilidade conforme apresentado no Quadro 1 e na Figura 2. A maior eficiência da fonte importada pode ser explicada pela maior solubilidade do Si. Resultados semelhantes foram encontrados por Gascho e Korndörfer (1998), os quais atribuem a maior eficiência

do Termofosfato Yoorin como fonte de Si devido à elevada quantidade de Si solúvel na sua composição. Estes mesmos autores afirmam ainda que o termofosfato é a fonte de Si mais facilmente encontrada no mercado brasileiro de fertilizantes. Provavelmente, o efeito do Si sobre a produção não se resume apenas ao seu efeito no controle de doenças. A formação de uma dupla camada de sílica na epiderme das folhas do arroz mantém as

mesmas mais eretas, promovendo assim um maior aproveitamento de luz e, conseqüentemente uma maior eficiência fotossintética (TAKAHASHI, 1996). De acordo com Agarie et al. (1992) a maior atividade fotossintética proporcionada pela adubação com Si pode ser uma das razões para o aumento da produção de grãos e matéria seca.

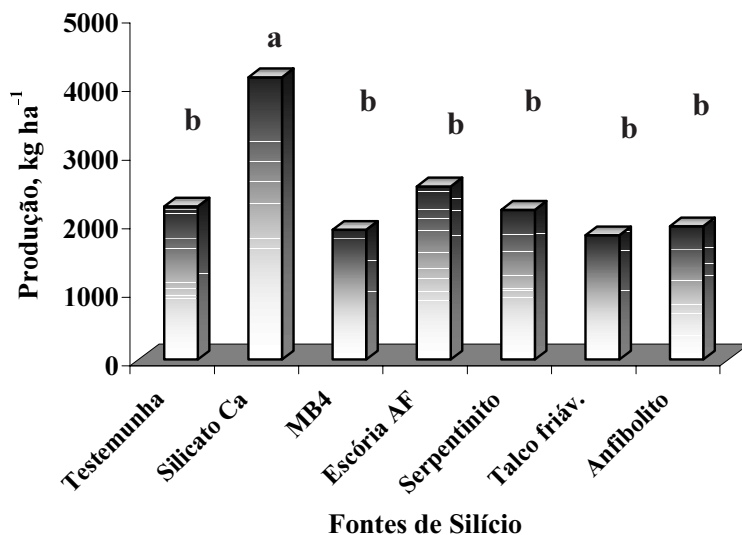


Figura 1. Efeito de fontes de silício sobre a produtividade do arroz inundado, cv. Javaé, no Projeto Formoso, Tocantins, safra 1999-2000.

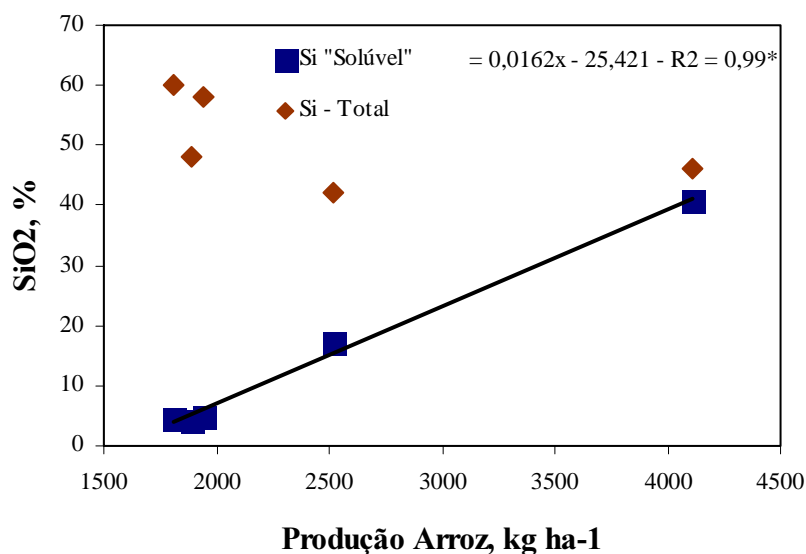


Figura 2. Correlação entre os teores de SiO₂ no fertilizante (solúvel e total) e a produção do arroz irrigado, cv. Javaé, no Projeto Formoso, Tocantins, safra 1999-2000

Tanto a testemunha quanto as fontes de Si pouco solúveis apresentaram baixa produtividade porque as doenças, principalmente brusone, limitaram o crescimento e o desenvolvimento das plantas, o que não se verificou nas parcelas com o produto Albright & Wilson (Figura 1).

Não foi observada correlação entre a produtividade do arroz inundado e os teores totais de SiO_2 dos materiais utilizados (Figura 2). No entanto, pode-se observar que os teores de SiO_2 solúveis contidos nos

fertilizantes está altamente correlacionado com a produtividade. Uma correlação linear significativa foi observada e um coeficiente de determinação $R^2 = 0,99$, o que indica que a produção de arroz pode ser explicada em 99% pela solubilidade do Si contido nos fertilizantes. O mesmo foi observado para a correlação entre a severidade da brusone foliar e a concentração de SiO_2 potencialmente “solúvel” das fontes de Si, isto é, quanto maior a solubilidade do Si menor foi a severidade da brusone foliar (Figura 3).

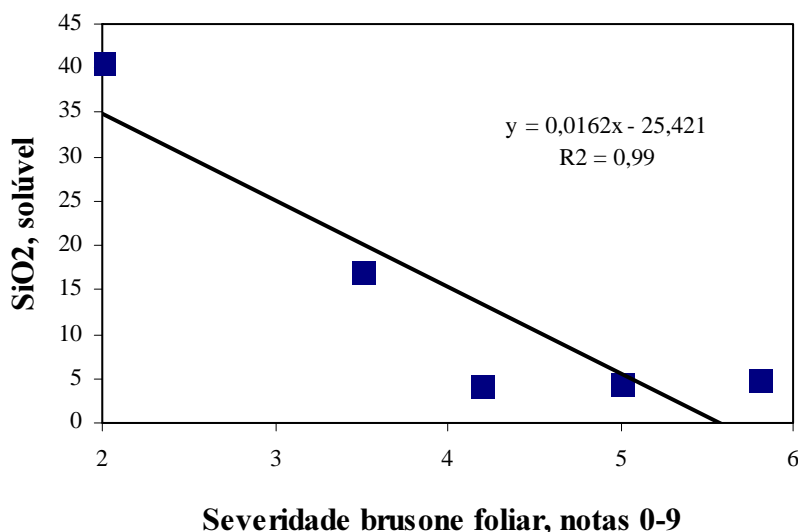


Figura 3. Correlação entre os teores solúveis de SiO_2 solúveis das fontes de Si e a severidade da brusone foliar do arroz irrigado, cv. Javaé, no Projeto Formoso, Tocantins, safra 1999-2000

CONCLUSÕES

- O silicato de cálcio importado (Albright & Wilson) mostrou eficiência no controle da brusone foliar e na incidência de mancha de grãos do arroz, proporcionando um aumento de produção de aproximadamente 84% em relação a testemunha.
- A eficiência agrônômica de uma fonte de Si deve ser avaliada pelo seu teor de SiO_2 solúvel

- O teor de Si “solúvel” das fontes de Si mostrou-se um importante indicador para a produtividade do arroz e o controle da brusone foliar

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. George H. Snyder, professor da Universidade da Florida, pela análise de Si nas diferentes fontes, à empresa Rhodia (Albright & Wilson) através do Dr. Jim Paul e ao CNPq pelo suporte financeiro.

ABSTRACT: Several factors can affect rice production. Among them, the diseases cause a great concern to the growers, because they decrease yield and affect the grain quality. Silicon fertilization has been demonstrated efficiency in the control and/or reduction of the incidence of several important rice diseases. An experiment was carried out in Formoso do Araguaia (GO) county using “Javaé” cultivar, which is susceptible to the main rice diseases, to study the effect of Si on diseases and yield. The experimental design was randomized blocks with 7 treatments and 5 replications. The treatments (silicon sources) were: control (without silicon application); imported calcium silicate (Albright & Wilson); MB4; slag (Silifertil); serpentine (SAMA); friable talc and Anfibolite. The different sources were applied at a dose of 4000 kg ha^{-1} and incorporated to a depth of approximately 10-15 cm. As a result it was

observed that only the imported silicate (Albright & Wilson) was significantly different from the control regarding foliar blast disease and incidence of grain spots. The Albright & Wilson silicate was the only one to provided significant increase on rice yield when compared to the control, which was approximately 1880 kg ha⁻¹ or 84% greater. The other Si sources did not differ from the control.

UNITERMS: Silicate, Slag, Brown spot, Foliar blast, Panicle blast, Grain spots

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADATIA, M. H.; BESFORD, R. T. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. **Annual Botany**, v. 58, p. 343-351, 1986.

AGARIE, S.; AGATA, W.; KUBOTA, F.; KAUFMAN, P. B. Physiological roles of silicon in photosynthesis and dry matter production in rice plants. **Crop Science**, Madison, v. 61, p. 200-206, 1992.

BELANGER, R. R.; BOWEN, P. A.; EHRET, D. L.; MENZIES, J. G. Soluble silicon: its role in crop and disease management of greenhouse crops. **Plant Disease**, St. Paul, v. 79, p. 329-336, 1995.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Sistema de avaliación standar para arroz**. Cali, 1983.

CORREA-VICTORIA, F. J.; DATNOFF, L. E.; OKADA, K.; FRIESEN, D. K.; SANZ, J. I.; SNYDER, G. H. Effect of silicon fertilization on disease development and yields of rice in Colombia. In: DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H.; SNYDER, G. H. (Ed.) **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 313-321.

DATNOFF, L. E.; DEREN, C. E.; SNYDER, G. H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. **Crop Protection**, Oxford, v. 16, p. 525-531, 1997.

DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H.; JONES, D. B. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, p. 729-732, 1991.

DATNOFF, L. E.; SEEBOLD, W. K.; CORREA, V. F. J. The use of silicon for integrated disease management: reducing fungicide applications and enhancing host plant resistance. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed.) **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 171-183.

DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; DEREN, C. W. Influence of silicon fertilizer on blast and brown spot development and on rice yields. **Plant Disease**, St. Paul, v. 76, n. 10, p. 1011-1013, 1992.

DEREN, C. W.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; MARTIN, G. G. Silicon concentration, disease response and yield components of rice genotypes grown on flooded organic Histosols. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 733-737, 1994.

GASCHO, G. J.; KORNDÖRFER, G. H. Available of silicon from several sources determined by chemical and biological methods. In: SOIL SCIENCE SOCIETY AGRONOMY ANNUAL MEETING, 1998. **Proceedings...** Baltimore: [s.n.], 1998. p. 229.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L.; CORRÊA, G. F. Influence of silicon on grain discoloration and upland rice growth in four savana soils of Brazil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 22, p. 93-102, 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: ICIAG-UFU, 2002. 23 p. (GPSi-ICIAG-UFU. Boletim Técnico, 01).

LEE, T. S.; KWON, T. O.; PARK, K. H. Influence of nitrogen and silicon on the yield and the lodging related traits of paddy rice. **Soil and Fertilizer**, v. 32, p. 15-23, 1990.

OSUNA-CANIZALEZ, F. J.; DE DATTA, S. K.; BONMAN, J. M. Nitrogen form and silicon nutrition effects on resistance to blast disease of rice. **Plant and Soil**, The Hague, v. 135, p. 223-231, 1991.

OU, S. H. **A handbook of rice diseases in the tropics**. Los Bãnos: Laguna, 1975. p. 17-25.

PRABHU, A. S.; BARBOSA FILHO, M. P.; FILIPPI, M. C.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. In: DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H.; SNYDER, G. H.(Ed.) **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 293-311.

SANTOS, G. R.; CARVALHO, E. M.; PELUZIO, J. M. Reação de linhagens e cultivares de arroz à mancha dos grãos, mancha-parda e brusone, em condições de campo, no Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa. v. 47, p. 125-133, 2000.

SAVANT, N. K.; SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E. **Silicon management and sustainable rice production**. Belle Glade: University of Florida, 1997. 199 p.

SEEBOLD, K. W.; DATNOFF, L. E.; CORREA-VICTORIA, F. J.; KUCHARREK, T. A.; SNYDER, G. H. Effect of silicon rate and host resistance on blast, scald and yield of upland rice. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, p. 871-876, 2000.

SNYDER, G. H. Methods for silicon analysis in plants, soils, and fertilizers. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed.) **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 171-183.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. **Food and Agriculture**, v. 2, p. 420-433, 1996.

TAKAHASHI, K. Effect of slags on growth and silicon uptake by rice plants and the available silicates in paddy soils. **Bulletin of the Shikoku Agricultural Experiment Station**, Zentsuju-Shi, v. 38, p. 75-114, 1981.

WINSLOW, M. D. Silicon, disease resistance, and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. **Crop science**, Madison, v. 32, p. 1208-1213, 1992.

WOLOSHUK, C. P.; SISLER, H. D.; VIGIL, E. L. Action of the antipenetrant, tricyclazole, on appressoria of *Pyricularia oryzae*. **Physiological Plant Pathology**, London, v. 22, p. 245-259, 1983.