

APLICAÇÃO DE SILÍCIO EM ARROZ IRRIGADO: EFEITO NOS COMPONENTES DA PRODUÇÃO

SILICON APPLICATION ON FLOODED RICE IN PRODUCTION COMPONENTS

Enio Marchezan¹; Silvio Carlos Cazarotto Villa²; Victor Marzari²; Gaspar Henrique Korndörfer³; Fernando Machado do Santos⁴.

RESUMO: Com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de silício no rendimento de grãos, qualidade física dos grãos e ocorrência de doenças em arroz irrigado, conduziu-se um experimento em solo do tipo Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico em dois locais, durante três anos agrícolas consecutivos (2000/01, 2001/02 e 2002/03). Foram utilizadas as seguintes doses de silicato de cálcio (21,6% de silício): 0, 1000, 2000, 4000 e 6000 kg ha⁻¹ e uma dose de 2000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico. Avaliaram-se características das plantas de arroz irrigado: rendimento de grãos, grãos inteiros, número de grãos por panícula, esterilidade de espiguetas, massa de mil grãos, altura de plantas e ocorrência de doenças. Não se observou resposta das doses de silicato de cálcio nos parâmetros agrônômicos avaliados, exceto para número de grãos por panícula.

UNITERMOS: Silicato de cálcio, Rendimento de grãos, Doenças em arroz irrigado.

INTRODUÇÃO

A lavoura de arroz se caracteriza pela utilização intensiva de agroquímicos, alguns com o objetivo de elevar a produção como os fertilizantes e outros, cujo propósito principal é a manutenção do potencial produtivo dos cultivares, incluindo-se neste item fungicidas e inseticidas. No entanto, a utilização de insumos cada vez com maior intensidade proporciona, além da elevação dos custos de produção, a possibilidade de contaminação do ambiente. Portanto, o desafio que se impõe é elevar a produtividade das lavouras através de tecnologias que proporcionem menor impacto ambiental, com melhoria da qualidade do produto colhido. Neste sentido, insere-se a utilização de silício em lavoura de arroz, não essencial ao crescimento das plantas, mas considerado como elemento útil, devido a possibilidade de elevar o rendimento de grãos através da redução da ocorrência de doenças (BARBOSA FILHO et al., 2000).

A resistência de plantas de arroz às diversas enfermidades, com a aplicação de silício, tem sido reconhecida (DATNOFF et al., 1990, 1991; DATNOFF; SNYDER; DEREN, 1992, 1997; KORNDÖRFER; DATNOFF; CORRÊA, 1999; OSUNA-CANIZALES; DE DATTA;

BONMAN, 1991; RODRIGUES et al., 2003; SAVANT; SNYDER; DATNOFF, 1996; WINSLOW, 1992; ZAMBOLIN; VENTURA, 1993). O efeito do silício no aumento do rendimento de grãos de arroz pode ocorrer devido a diminuição da incidência de doenças como *Pyricularia sp.*, *Microdochium oryzae*, *Rhizoctonia solani* Kühn e *Drechslera oryzae*. O silício é depositado na epiderme das folhas como uma fina camada de sílica amorfa (SiO₂.nH₂O), dificultando a instalação de fungos que penetram pela epiderme, diminuindo o uso de fungicidas.

Os mecanismos de defesa mobilizados pelo silício incluem acumulação de lignina, compostos fenólicos e peroxidases, sugerindo que este elemento possa atuar como segundo mensageiro dentro da célula, em caso de distúrbio (EPSTEIN, 1999). A lignina gera uma estrutura capaz de proteger e resistir ao ataque microbiano. Fawe et al. (1998) identificaram uma proteção ativa induzida pelo silício dentro das células vegetais, que em plantas de pepino, o silício inicia uma seqüência de reações que se traduzem em mecanismos bioquímicos de defesa.

De acordo com Korndörfer e Datnoff (1995), solos com intensa utilização, solos altamente intemperizados ou lixiviados e também solos orgânicos, podem apresentar

¹ Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Pesquisador CNPq.

² Engenheiro Agrônomo, aluno do Programa de Pós Graduação em Agronomia da UFSM.

³ Prof. da Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, Pesquisador CNPq.

⁴ Acadêmico do curso de Agronomia da UFSM, bolsista FAPERGS.

teores baixos de silício disponível às plantas. Assim, é possível respostas à aplicação do elemento para obtenção de altos rendimentos para as culturas. Segundo Barbosa Filho *et al.* (2000), no Japão, aplica-se anualmente de 0,5 a 1,0 t.ha⁻¹ de silicato de cálcio em cerca de 25% da área cultivada com arroz, embora a quantidade recomendada seja de 1,0 a 2,0 t.ha⁻¹.

No Brasil, Korndörfer; Coelho e Snyder (1999) têm trabalhado com o objetivo de adequar métodos de extração de silício, concluindo que o ácido acético a 0,5 mol L⁻¹ foi o melhor extrator para estimativa de silício disponível no solo para o arroz de sequeiro. Com esta metodologia, Korndörfer *et al.* (1999) determinaram o nível crítico de silício no solo de 9,8 mg L⁻¹, para atingir 90% da produção máxima de arroz de sequeiro.

Assim, objetivou-se avaliar o efeito de silicato de cálcio como fonte de silício no rendimento de grãos, na quantidade de grãos inteiros e na incidência de doenças em arroz irrigado, em solos com diferentes teores de silício disponível.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, em solos classificados como Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico (STRECK *et al.*, 2002). Os experimentos foram instalados em lavouras comerciais, não sistematizadas, nos municípios de São Sepé (2000/01 e 2002/03) e São Gabriel (2001/02), localizados na Depressão Central e Região da Campanha do Rio Grande do Sul, respectivamente.

Foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20cm para avaliação da fertilidade do solo e do silício disponível para as plantas. As análises foram realizadas na Universidade Federal de Uberlândia/MG, utilizando-se o extrator ácido acético 0,5 mol L⁻¹, e encontrou-se 5 mg L⁻¹ para o solo onde realizou-se o experimento em 2000/01 e 2002/03 e 12 mg L⁻¹ onde realizou-se o experimento em 2001/02.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento blocos ao acaso com seis tratamentos e seis repetições. Os tratamentos constaram de cinco doses de silicato de cálcio (escória siderúrgica oriunda da empresa Albright & Wilson/EUA; SiO₂ total = 46,3%; Si = 21,6%; Al₂O₃ = 3,1%; Fe₂O₃ = 1,1%; MnO = 0,03%; MgO = 0,6%; CaO = 44%; Na₂O = 0,8%; K₂O = 0,5%; P₂O₅ = 2,1%), sendo elas em kg ha⁻¹: 0 (testemunha), 1000, 2000, 4000, 6000 e um tratamento de calcário dolomítico com 2000 kg ha⁻¹. Utilizou-se o tratamento com calcário para identificar se os possíveis resultados obtidos são em virtude do silício adicionado, ou apenas pelo aumento do pH e cálcio na solução do solo provocado tanto pelo calcário, quanto pelo silicato de cálcio

adicionado. As parcelas mediram 3m x 4m e a área útil para estimativa do rendimento de grãos foi de 2 x 3m. A aplicação dos tratamentos com silicato de cálcio e calcário foi realizado a lanço nos três anos e incorporado com auxílio de enxadas nos anos 2000/01 e 2002/03, logo após a emergência das plântulas de arroz.

Para a adubação de base realizada por ocasião da semeadura do arroz utilizaram-se em kg ha⁻¹, 10 de N, na forma de uréia, 40 de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo e 40 de K₂O, na forma de cloreto de potássio. O restante da adubação nitrogenada foi aplicado em cobertura, no início do perfilhamento e por ocasião da diferenciação do primórdio floral, ambas na dose de N de 30 kg ha⁻¹, na forma de uréia.

A cultura foi conduzida em sistema de semeadura convencional em 2000/01 e 2002/03 e em 2001/02 foi implantada no sistema de semeadura direta. Os cultivares utilizados foram IRGA-416, BR-IRGA 409 e IRGA-416 suscetíveis a brusone, para os três anos agrícolas, respectivamente. As plantas de arroz não receberam aplicações de fungicidas, nem mesmo tratamento de sementes, e as plantas invasoras foram controladas em pós-emergência com aplicação da mistura de quinclorac (ia = 375 g ha⁻¹), propanil (ia = 1080 g ha⁻¹) e óleo mineral (0,5% v v⁻¹).

A avaliação de ocorrência de doenças foi realizada próxima à maturação fisiológica dos grãos de arroz. Observou-se severidade de manchas foliares (causada por diversos fungos) nas três últimas folhas das plantas, de acordo com escala descrita pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT (1983), e também a ocorrência de lesões no nó da base da panícula e nas ramificações das panículas, cujas principais foram *Pyricularia grisea* e *Dreschlera oryzae*, também de acordo com a escala acima referida.

O acamamento foi avaliado considerando-se como planta acamada a que apresentava ângulo de inclinação com o solo menor ou igual 45°, segundo a escala de 1 a 5, sendo: 1 – 100% dos colmos eretos; 2 – 75% dos colmos eretos; 3 – 50% dos colmos eretos; 4 – 25% dos colmos eretos; 5 – 0% dos colmos eretos.

A altura de plantas foi determinada por ocasião da floração, medindo-se da base da planta até a extremidade da panícula. Para determinar a esterilidade de espiguetas, o número de espiguetas por panícula e a massa de mil grãos coletaram-se 10 panículas de arroz, ao acaso nas parcelas. O rendimento de grãos do arroz foi estimado através da colheita da área útil das parcelas, quando os grãos apresentavam em torno de 22% de umidade, sendo trilhados, pesados e a massa convertida para 13% de umidade. As amostras foram limpas em uma máquina separadora de impurezas e beneficiadas em uma testadora de amostras de arroz. Os percentuais de grãos inteiros, após o polimento, foram obtidos através da pesagem dos grãos inteiros e dos grãos quebrados, separadamente.

Os resultados foram submetidos à análise conjunta e as médias comparadas pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro, sendo que todos os valores em porcentagem foram transformados para

$$Y_{ijk}' = \sqrt{Y_{ijk}}$$

antes de serem submetidos à análise estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise da variância apresentam valores significativos para todas as variáveis estudadas, ou seja, a heterogeneidade dos ambientes foi devida a alterações de locais e cultivares. Apesar dos ambientes serem heterogêneos, isto não resultou em interação significativa para todas as variáveis, indicando que o desempenho dos tratamentos em todos os ambientes foi similar. Das variáveis testadas somente o número de grãos por panícula obteve efeito significativo para tratamento, não havendo diferença para as demais.

Na Tabela 1, encontram-se as médias dos três anos agrícolas referentes as variáveis estudadas. Para o parâmetro rendimento de grãos não foi verificada resposta a

aplicação de silicato de cálcio e o rendimento médio foi de 6637 kg ha⁻¹. Isto está de acordo com resultados de Silva e Bohnen (2001 e 2003), que trabalharam com aplicação de silício em arroz irrigado em casa-de-vegetação, com solução nutritiva utilizando ou não silício na mesma e não encontraram diferença para o parâmetro rendimento de grãos. Por outro lado, este resultado contrasta com o de vários autores (ANDERSON; JONES; SNYDER, 1987; KORNDÖRFER; COELHO; SNYDER, 1999; MA e TAKAHASHI, 1991; RAHMAN; KAWAMURA; KOYAMA, 1998; SANTOS *et al.*, 2003; SEEBOLD *et al.*, 2000; TAKAHASHI, 1995), que relataram acréscimos de rendimento de grãos com a aplicação de silicato de cálcio. A média de porcentagem de grãos inteiros foi de 64%, demonstrando a alta qualidade física do produto final, independente da dose de silício aplicada.

Resultados de esterilidade de espiguetas, bem como massa de mil grãos (Tabela 1), situaram-se em níveis normais para os cultivares, não apresentando diferença entre os tratamentos. Matoh; Murat e Takahashi (1991) e Pershin; Pershima e Ergorina (1995) citaram que a adubação com silício, além de promover o aumento no rendimento de grãos e na massa de mil grãos, diminui a esterilidade de espiguetas.

Tabela 1. Rendimento de grãos (RG), grãos inteiros (GI), número de grãos por panícula (GP), massa de mil grãos (MMG), esterilidade de espiguetas (EE), altura de plantas (AP) e severidade de manchas foliares e incidência de lesões nas panículas em plantas de arroz irrigado submetido a doses de silicato de cálcio e calcário em três anos agrícolas.

Tratamento	RG (kg ha ⁻¹)	GI (%)	GP (n°)	MMG (g)	EE (%)	AP (cm)	Mancha nas folhas			Lesões na panícula		
							00/01	01/02	02/03	00/01	01/02	02/03
Testemunha	6349 ^{ns}	64 ^{ns}	78 c*	27 ^{ns}	8 ^{ns}	73 ^{ns}	0**	0**	0**	0***	1***	3***
1000 kg ha ⁻¹ de CaSiO ₃	6633	64	78 b c	27	10	73	1	0	0	1	1	3
2000 kg ha ⁻¹ de CaSiO ₃	6649	64	81 a b	27	9	73	1	1	0	1	0	3
4000 kg ha ⁻¹ de CaSiO ₃	6728	64	83 a	27	9	73	0	0	0	0	1	3
6000 kg ha ⁻¹ de CaSiO ₃	6679	63	84 a	27	9	73	0	1	0	0	1	3
2000 kg ha ⁻¹ de calcário	6787	63	83 a	27	9	72	1	1	0	1	0	3
Média	6637	64	81	27	9	73	–	–	–	–	–	–
C.V. (%)	9,3	0,5	12,3	2,5	10,9	2,4	–	–	–	–	–	–

^{ns} Teste F não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

* Na coluna, médias não seguidas da mesma letra, diferem pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

** 0 – ausência de lesões; 1 – menos de 1% da área foliar doente; 3 – 1 a 5% da área foliar doente; 5 – 6 a 25% da área foliar doente; 7 – 26 a 50% da área foliar doente; 9 – > 50% da área foliar doente;

*** 0 – ausência de lesões; 1 – poucas ramificações secundárias afetadas; 3 – várias ramificações secundárias afetadas; 5 – base da panícula parcialmente afetada; 7 – base da panícula afetada totalmente com mais de 30% de grãos cheios; 9 – base da panícula afetada totalmente com menos de 30% de grãos cheios.

A altura e o acamamento de plantas não foram influenciados pelos tratamentos, o que condiz com o relatado por Assis *et al.* (2000) que, trabalhando com limitações nutricionais para a cultura do arroz em solos orgânicos sob inundação, não verificaram diferença no crescimento das plantas de arroz irrigado quando acrescentaram silício à adubação.

Segundo Korndörfer *et al.* (1999), com teores de silício no solo abaixo de $9,8 \text{ mg L}^{-1}$ extraídos com ácido acético $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, é possível esperar resposta em sanidade de plantas e rendimento de grãos da cultura do arroz de sequeiro à aplicação de silício. Como em pelo menos um dos solos (município de São Sepé – 2000/01 e 2002/03) o teor de silício no solo estava abaixo deste valor, esperava-se uma resposta da aplicação deste elemento no solo, o que não se verificou. Isto pode estar relacionado com a forma de aplicação dos tratamentos que foi realizada logo após a emergência das plantas, que pode ter contribuído para a falta de resposta à aplicação dos tratamentos com silicato de cálcio. Em geral, recomenda-se a incorporação do silício ao solo antes da semeadura, o que não foi efetuado no presente experimento devido a este estar instalado em propriedades privadas, dificultando a realização desta prática por motivos logísticos. Em dois anos agrícolas, efetuou-se incorporação superficial, cerca de 10 cm de profundidade. Por outro lado, a irrigação conduzida de forma adequada pode ter proporcionado suficiente disponibilidade de silício às plantas. Isto sugere que para o arroz irrigado, o nível crítico deste elemento no solo possa ser menor do que em condições de cultivo de arroz de sequeiro. A composição química e física dos solos e a condição de alagamento provocam diferentes disponibilidades de silício e com isto respostas diferenciadas da planta. Camargo, Korndörfer e Corrêa (2002), trabalhando com duas classes de solo em condições

de cerrado, relataram que o silício se torna mais disponível às plantas conforme aumenta o teor de argila no solo.

Quanto à ocorrência de doenças, foi observado baixa severidade de mancha das folhas e pequena incidência de *Pyricularia* e *Dreschlera* nas panículas das plantas de arroz. Perruso (2000) verificou que o uso de escória siderúrgica, como fonte de silício, não foi efetiva para proporcionar resistência de cultivares de arroz irrigado à doenças. Berni e Prabhu (2003) e Santos *et al.* (2003), estudando o efeito de fontes e doses de silício no controle de brusone em folhas de plantas de arroz irrigado, concluíram que algumas fontes de silício disponíveis no Brasil podem reduzir a incidência desta moléstia.

A baixa severidade e/ou incidência de doenças nos experimentos pode ter sido devido à condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento das mesmas, e também a utilização de manejo adequado de lavoura. A atuação do silício é esperada quando se tem ocorrência significativa de doenças devido a sua principal função estrutural, ou seja, de aumentar a rigidez dos tecidos da planta, dificultando a penetração de esporos fúngicos e fazendo com que haja maior área foliar realizando fotossíntese, o que resulta em melhor nutrição da planta e conseqüentemente em maior rendimento de grãos (LIMA FILHO; LIMA; TSAI, 1999). Pelo exposto, os relatos sugerem a necessidade de se estabelecer nível crítico de silício para arroz irrigado, em solos sob condições de inundação.

CONCLUSÃO

Em solos de várzea, com teores de silício no solo de 5 a 12 mg L^{-1} não há resposta do arroz irrigado por inundação à aplicação de silício, na forma de silicato de cálcio.

ABSTRACT: With the objective of quantifying the effect of the silicon application on grain yield, physical quality of the grains and occurrence of diseases in flooded rice, an experiment was carried out in a Haplaqualf soil in two sites during three agricultural year crops (2000/01, 2001/02 and 2002/03). The following calcium silicate rates were used (21,6% of silicon): 0, 1000, 2000, 4000 and 6000 kg ha^{-1} and an additional treatment of 2000 kg ha^{-1} of dolomitic limestone. Plant characteristics of the flooded rice evaluated were: grain yields, whole grains, number of grains per panicle, sterility spikelet, mass of a thousand grains, plant height and diseases occurrence. The calcium silicate did not show any response on the appraised agronomic parameters, except for number of grains per panicle.

UNITERMS: Calcium silicate, Grain yield, Irrigated rice diseases.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, D. L.; JONES, D. B.; SNYDER, G. H. Response of a rice-sugarcane rotation to calcium silicate slag on Everglades Histosols. *Agronomy Journal*, Madison, v. 79, n. 3, p. 531-535, may/jun.1987.

ASSIS, M. P.; CARVALHO, J. G.; CURI, N.; BERTONI, J. C.; ANDRADE, W. E. B. Limitações nutricionais para a cultura do arroz em solos orgânicos sob inundação. I. Crescimento. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 87-95, jan/mar. 2000.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz (uma revisão de literatura). **Informações Agronômicas**. Piracicaba, n. 89, p. 1-8, mar. 2000. Encarte técnico.

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, fev. 2003.

CAMARGO, M. S.; KORNDÖRFER, G. H.; CORRÊA, G. F. Características físicas e disponibilidade de silício em solos sob vegetação de cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Fertibio, 2002. 1 CD-ROOM.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Sistema de evaluación estandar para arroz**. 2. ed. Cali, 1983. 61p.

DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H.; JONES, D. B. Evaluation of calcium silicate slag and nitrogen on brown spot, neck rot, and sheat blight development on rice. **Biological and Cultural Tests for Control of Plant Disease**, St Paul, v. 5, p. 65. 1990.

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, n. 7, p. 729-732, jul. 1991.

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

DATNOFF, L. E.; DEREN, C. W.; SNYDER, G. H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. **Crop Protection**, London, v. 16, n. 6, p. 525-531, sept. 1997.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and plant Molecular Biology**, v. 50, p. 641-664, jun.1999. FAWE, A.; ABOW-ZAID, M.; MENZIES, J. G.; BELANGER, R. R. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. **Phytopathology**, St Paul, v. 88, n. 5, p. 396-401, may. 1998.

KORNDÖRFER, G. H.; ARANTES V. A.; CORRÊA G. F.; SNYDER G. H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 623-629, jul/set. 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, N. M.; SNYDER, G. H.; MIZUTANI, C. Avaliação de métodos de extração de Si para solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 101-106, jan/mar. 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 70, p. 1-5, jun. 1995.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E.; CORRÊA, G. F. Influence of silicon on grain discoloration and upland rice grown on four savanna soils of Brazil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 22, n. 1, p. 93-102. 1999.

- LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. O silício na agricultura. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 87, p. 1-12, set. 1999. Encarte técnico.
- MA, J.; TAKAHASHI, E. Availability of rice straw Si to rice plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 37, n. 1, p. 111-116, mar. 1991.
- MATOH, T.; MURATA, S.; TAKAHASHI, E. Effect of silicate application on photosynthesis of rice plants. **Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 63, p. 248-251. 1991.
- OSUNA-CANIZALES, F. J.; DE DATTA, S. K.; BONMAN, J. M. Nitrogen form silicon nutrition effects on resistance to blast disease of rice. **Plant and Soil**, The Hague, v. 135, n. 2, p.223-231, aug. 1991.
- PERRUSO, J. C. **Efeitos da aplicação de escória siderúrgica sobre o solo, e sobre parâmetros fitotécnicos e fitossanitários das cultivares de arroz irrigado IAC 4440 e Pesagro 107**. 2000. 123f. Tese (Doutorado em Agronomia e Ciência do Solo). Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- PERSHIN, B. M.; PERSHIMA, A. N.; EGORINA, L. M. Silicon and rice production in the Primorskii region. **Agrokimiya**, Moscow, v. 10, p. 68-74. 1995.
- RAHMAN, T.; KAWAMURA, K.; KOYAMA, H.; HARA, T. Varietal differences in the growth of rice plants in response to aluminum and silicon. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 44, n. 3, p. 423-431, sep. 1998.
- RODRIGUES, F. A.; VALE, F. X. R.; KORNDÖRFER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; OLIVEIRA, A. M. A.; ZAMBOLIN, L. Influence of silicon on sheat blight of rice in Brazil. **Crop Protection**, London, v. 22, n. 1, p. 23-29, feb. 2003.
- SANTOS, R. G.; KORNDÖRFER, G. H.; REIS FILHO, J. C. D.; PELÚZIO J. M. Adubação com silício: influência sobre as principais doenças e sobre a produtividade do arroz irrigado por inundação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 287, p. 1-8, 2003.
- SAVANT, N. K.; SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E. Silicon management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 58, n. 3, p. 151-199, dec. 1996.
- SEEBOLD, K. W.; DATNOFF, L. E.; CORREA-VICTORIA, F. J.; KUCHARÉK, 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, n. 8, p. 871-876, aug. 2000.
- SILVA, L. S.; BOHNEM, H. Rendimento e acúmulo de nutrientes pelo arroz em solução nutritiva com e sem adição de silício. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 771-775, jul/set. 2001.
- SILVA, L. S.; BOHNEM, H. Produtividade e absorção de nutrientes pelo arroz cultivado em solução nutritiva com diferentes níveis de silício e cálcio. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 49-52, jan/mar. 2003.
- STRECK, E. D.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. 1ª ed. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 107p.
- TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.; KUMAZAVA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Ed.). **Science of the rice plant: physiology**. Tokyo: Food and agriculture policy research center, 1995. cap. 5, p. 420-433.

WINSLOW, M. D. Silicon disease resistance and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 5, p. 1208-1213, sep/oct. 1992.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral das plantas. In: LUZ, W. C. (ed.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo: Gráfica e Editora Padre Berthier dos Missionários da Sagrada Família, 1993. p. 275-318.